

Vergleichende Kohlensäure-Messungen
nach Pettenkofer und mit dem Draeger'schen
Gasspürgerät in Rinderstallungen
des östlichen Allgäus

Josef Rietzler

Aus dem Tierhygiene-Institut der Universität München

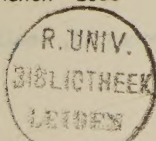
Vorstand: Professor Dr. A. M e y n

Vergleichende Kohlensäure-Messungen nach Pettenkofer
und mit dem Draeger'schen Gasspürgerät in Rinderstallungen
des östlichen Allgäus

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der veterinärmedizinischen Doktorwürde der
Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität
München

von
Josef R i e t z l e r
Tierarzt
aus
Felben/Landkreis Füssen

München 1958



Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: Professor Dr. K. Z i p f

Referent: Professor Dr. A. M e y n

Tag der Promotion: 26. Februar 1958

Inhaltsverzeichnis

Seite:

I. Einleitung	1
II. Schrifttum	2
III. Eigene Untersuchungen	7
A. Allgemeine Verhältnisse im Untersuchungsgebiet	7
a) Lage und Klima	7
b) Landwirtschaftliche Struktur	7
c) Hofanlage	8
d) Allgemeine Stallverhältnisse	8
e) Wetterlage im Untersuchungszeitraum	9
B. Untersuchungsmaterial und Meßmethoden	13
C. Ergebnisse der Stalluntersuchungen	14
D. Ergebnisse der Kohlensäuremessungen	31
E. Schlußfolgerungen über die vergleichenden Kohlensäure-Messungen	37
IV. Zusammenfassung	38
V. Schrifttumsverzeichnis	40
Lebenslauf	44

I. Einleitung

Unsere Haustiere sind durch die Domestikation weitgehend und in zunehmendem Maße aus ihren ursprünglichen und natürlichen Lebensgewohnheiten durch den Menschen herausgelöst worden und damit ihm und seiner Vernunft ausgeliefert. Im Laufe dieser Entwicklung ist der Mensch als Tierhalter und -züchter aber auch in seinen Anforderungen an die Leistungskraft des Haustieres weiter gegangen. Durch mannigfaltige Erfahrungen hat er dabei gelernt, daß er für die Gesunderhaltung und Leistungssteigerung seiner Nutztiere gewisse Voraussetzungen schaffen muß. Er hat einsehen gelernt, daß neben entsprechender Auswahl auch die richtige Ernährung, Pflege, Haltung und Unterbringung der Tiere eine wesentliche Rolle spielen. Er ist damit die ersten tastenden Schritte der Hygiene gegangen.

Vom Vorstand des Tierhygienischen Institutes der Universität München, Herrn Professor Dr. M e y n , wurde mir die Aufgabe gestellt, Kohlensäuremessungen in Stallungen des östlichen Allgäus durchzuführen und dabei Vergleiche zwischen verschiedenen Meßmethoden zu ziehen. Es sollte vor allem die Einsatzmöglichkeit des Draeger'schen Gasspürgerätes und seine Anwendung in Stallungen erkundet und mit der Pettenkofer'schen Kohlensäurebestimmungsmethode verglichen werden. Dabei konnten auch die derzeit herrschenden stallklimatischen Verhältnisse des östlichen Allgäus untersucht werden.

II. S c h r i f t t u m

Schon die alte miasmatische Theorie von H i p p o k r a t e s , G a l e n u.a. stützte sich auf die Behauptung, daß die Krankheiten bei Menschen und Tieren durch die schädigenden Beimengungen der Luft entstehen. Damals waren die Krankheitserreger noch nicht bekannt, aber man wußte, daß ohne Luft kein Mensch und Tier leben kann. Heute wissen wir, daß schlechte Luft die Krankheitsentstehung begünstigt und Krankheitserreger enthalten kann.

Die atmosphärische Luft ist ein Gemisch von 78 Vol.% Stickstoff, 21 Vol.% Sauerstoff, 0,03 Vol.% Kohlensäure, ferner Wasser in Form von Wasserdampf sowie einiger Edelgase, wie Argon, Helium, Krypton usw. Das Gasgemenge der freien Atmosphäre ist sehr konstant, aber in bewohnten Räumen, besonders wenn sie schlecht gelüftet sind, kann sich der Gehalt der Kohlensäure und des Wasserdampfes steigern, und der des Sauerstoffes verringern. Das ist verständlich, wenn man bedenkt, daß die ausgeatmete Luft 4 % Kohlensäure enthält und mit Wasserdampf gesättigt ist. Ein Teil des eingeatmeten Sauerstoffes wird im Organismus verbraucht und die ausgeatmete Luft enthält nur noch 16 % Sauerstoff. In geschlossenen, mit Tieren belegten Räumen ist der Sauerstoffgehalt deshalb gewöhnlich etwas niedriger als im Freien. Bedrohliche Sauerstoffverminderungen kommen aber nur dann vor, wenn der Luftraum im Verhältnis zur Anzahl der Tiere zu klein ist und die Zufuhr von Frischluft nicht ausreicht, um den Sauerstoffverbrauch auszugleichen. Außerdem wird die Zusammensetzung der Luft durch Verdunstung und Zersetzung der Ausscheidungen des Körpers sowie durch Staub und Mikroorganismen erheblich beeinflusst.

Ein berechenbares Kriterium für die Lüftungsintensität eines bewohnten Raumes ist die Kohlensäure. Als Kohlensäure-Quellen in Räumen kommen in erster Linie die Atmung der Menschen und Tiere und die Verbrennung von Gas, Petroleum und dergleichen in Betracht. In Stallungen wird die Kohlensäure in geringerem Grade auch durch Fäulnisprozesse gebildet. Die Kohlensäureausscheidung wird gewöhnlich pro Kilogramm Körpergewicht berechnet. Die stündlich ausgeschiedene Kohlensäuremenge beträgt bei landwirtschaftlichen Nutztieren etwa 300 ccm/pro kg Körpergewicht. Der Gaswechsel ist bei den einzelnen Tierarten je nach den Leistungen verschieden. Bei Jungtieren im Entwicklungsstadium ist er reger als bei erwachsenen Tieren.

In Wohnungen soll die Luft nicht mehr als 0,1 % Kohlensäure enthalten. Bei längerem Aufenthalt in Räumen, die mehr Kohlensäure enthalten, ermüdet man

schnell. In schlecht gelüfteten Stallungen übersteigt die Kohlensäuremenge die Grenze manchmal sehr erheblich - oft beträgt sie 0,4 % und darüber. Im Stall werden 0,3 % Kohlensäure als die obere Grenze, bei der die Luft noch als normal zu bewerten ist, angesehen. Die Gesundheitsstörungen, die durch erhöhte Kohlensäurewerte entstehen, sind in den meisten Fällen nur auf die verminderte Wärmeabgabe des Körpers zurückzuführen, die im überfüllten Raum infolge des Anstieges der Luftfeuchte und -wärme eintritt. Im Stall ist die Feuchte besonders groß, da sie hier nicht allein von der mit Wasserdampf gesättigten Ausatmungsluft und der Hautausdünstung stammt, sondern darüber hinaus in größeren Mengen durch Verdunstung des Wassers und der Ausscheidungen entsteht. Somit ist für die hygienische Beurteilung des Stallklimas neben der Kohlensäuremessung auch die Feststellung der Stalltemperatur sowie Feuchtigkeit von größter Bedeutung.

P a t t e n k o f e r ' s (20) Verdienst ist es, die Grundlage zur wissenschaftlich-experimentellen Hygiene gelegt zu haben. In seiner Arbeit "Über den Luftwechsel in menschlichen Wohnräumen" wies er erstmalig auf die Bedeutung der Kohlensäure hin. Auch andere Autoren, wie S c h u l z e und M ä r k e r (28), L e h m e y e r (14), D e u t s c h (4), R o l l e (21), R o o t s , H a u p t und H a r t w i g k (22) u.a. sind der Meinung, daß die Kohlensäure nicht durch hohe Konzentrationen schädlich wirkt, da eine direkte toxische Wirkung erst bei einem Gehalt von mindestens 4 % auftritt. Über den noch zulässigen und tragbaren Anteil gehen die Ansichten der verschiedenen Autoren sehr auseinander. In der letzten Zeit scheint sich aber doch die Meinung durchzusetzen, möglichst niedrige Werte anzustreben. M ä r k e r (15) hielt noch 0,4 % für zulässig, während L e h m e y e r (14) und D e u t s c h (4) feststellten, daß ohne weiteres unter 0,3 % gegangen werden kann. Der Grund, warum man nicht wie in menschlichen Wohnungen auf 0,1 % und darunter geht, liegt im Wärmehaushalt, denn man will auch in kalten Wintertagen eine entsprechende hohe Temperatur erhalten. R o l l e (21) verlangt, daß der Kohlensäuregehalt in Stallungen 0,2 % nicht überschreiten soll.

Auf die Tatsache, daß der Kohlensäuregehalt der Stallluft nicht an allen Stellen gleich ist, sondern im besetzten Stall vom Boden zur Decke einen Zuwachs erfährt, haben zuerst L e h m e y e r (14), M e i s s n e r (16) und R o l l e (21) hingewiesen. Auch F r a n k (9) konnte bei seinen Messungen den höchsten CO_2 -Gehalt immer unter der Stalldecke nachweisen. Eine Erklärung für dieses Verhalten der Kohlensäure, die spezifisch schwerer ist als die Luft, ist nur durch das Gesetz der Diffusion und durch das

Temperaturgefälle möglich. Die an Kohlensäure und Feuchtigkeit reiche Ausatemungsluft steigt infolge ihrer Wärme und damit Leichtigkeit hoch. Auf Grund der Diffusion bleibt die Kohlensäure innig mit der Luft vermischt und würde sich erst dann von dem Gemisch trennen, wenn ihre Konzentration zu groß werden würde. Da die oberen Luftschichten der Ställe höher temperiert sind und sich hier außerdem die größere Luftfeuchtigkeit findet, ist das spezifische Gewicht dieser Luftschicht trotz ihres etwas höheren CO_2 -Gehaltes immer noch etwas niedriger, als das der unteren Schicht.

Nach N u s s h a g (18), R o o t s, H a u p t und H a r t w i g k (22), Z o r n (32) u.a. hat die Veränderung des Sauerstoff- und Kohlensäuregehaltes, die durch Armung in schlecht ventilierten Räumen entsteht, entgegen von früheren Ansichten, keine gesundheitsstörende Wirkung. Störungen im allgemeinen Wohlbefinden sind nach diesen Autoren in den meisten Fällen auf die verminderte Wärmeabgabe, die in überfüllten Räumen infolge des Anstieges der Luftfeuchte und -wärme eintritt, zurückzuführen.

Die Luftfeuchtigkeit steht bei der Beurteilung eines Stalles bei vielen Hygienikern an erster Stelle. So vernachlässigen z.B. C o r d s - P a r c h i m (2), F u h r i m a n n (11), D a h m e n (3), R o o t s, H a u p t und H a r t w i g k (22) u.a. den Kohlensäuregehalt zu Gunsten der Luftfeuchtigkeit und stellen diese als Gradmesser für die Luftqualität in den Vordergrund. Die Luftfeuchtigkeit beeinflusst den tierischen Organismus ganz erheblich. Zu warme und zu feuchte Luft rufen bekanntlich Wärmestauungen hervor, kalte und feuchte Luft begünstigen als gute Wärmeleiter Erkältungskrankheiten. Außerdem fördert der hohe Feuchtigkeitsgrad die Schweißwasserbildung und damit die Zerstörung des Baumaterials. Mit der Zunahme der Feuchtigkeit wächst auch die Wärmeleitfähigkeit der Baustoffe, was sich wiederum in einer Störung des Wärmehaushaltes auswirken kann. S t i e t e n r o t h (24) schreibt in einer Abhandlung, "das Auftreten von Schweißwasser ist nicht immer gleichbedeutend mit schlechten Stallluftverhältnissen, so wenig wie das Fehlen von Schweißwasser als Argument für gute Stallluftverhältnisse gewertet werden darf. Schweißwasser ist nur ein Zeichen ungenügenden Wärmeschutzes." Für Wohnräume wird nach F l ü g g e (10) eine relative Luftfeuchtigkeit von 40% bei 20° verlangt, bei 16° nicht über 70%. In Stallungen soll die relative Luftfeuchtigkeit nach C o r d s - P a r c h i m (2) zwischen 75% und 80% betragen, nach S y b e l und O b e r (27) 70%, nach R o l l e (21), T r a u b (29) u.a. dürfen die Werte 85% nicht überschreiten. F r a n k (9), M ü n s t e r e r (17), F ä r b e r (8), V o i t (30) u.a. fanden bei ihren Luftfeuchtigkeitsmessungen in Tierstallungen oft eine relative Luft-

feuchtigkeit von über 85 %.

Ein weiterer wichtiger klimatischer Stallfaktor ist die Temperatur. Die optimale Stalltemperatur ist für die einzelnen Tiere je nach Art, Alter und Gebrauchszweck verschieden. Als Grundsatz gilt dabei, daß Jungtiere etwas wärmer gehalten werden sollen als die Arbeitstiere. Zahlreiche Autoren haben Normen für eine zweckmäßige Stalltemperatur aufgestellt. So fordert *Stietenroth* (24) für Rinder eine Temperatur von 10–20°C, *Märker* (15) 12–15°C, *Dahmen* (3) 15°C, *Traub* (29) 12–18°C, *Klimmer* (13) 12–17°C, *Jentsch* (12) 12–20°C und *Dinkhauser* (6) 16–18°C. *Brooks* (1) fand, daß auch niedrigere Temperaturen ohne Schaden vertragen werden, wobei sogar teilweise noch Freßlust und Mast gesteigert werden konnten. Außerdem konnte er bei steigender Temperatur ein Sinken des Fettgehaltes feststellen. *Dice* (5) untersuchte den Einfluß der Stalltemperatur auf die Leistung und den Futterbedarf bei Milchkühen und zeigte, daß

- 1.) der Gewichtszuwachs bei Tieren mit Stallhaltung geringer war, als bei den im Freien gehaltenen Tieren,
- 2.) der Gesamtbedarf an verdaulichem Roheiweiß bei Stalltieren höher war, als bei der Haltung im Freien,
- 3.) die Milchleistung der Stalltiere dabei etwas schlechter war.

Wie das kurz gestreifte Schrifttum zeigt, sind Kohlensäuregehalt, Luftfeuchtigkeit und Temperatur Faktoren, die das Stallklima bestimmen und damit die Gesundheit und Leistungsfähigkeit unserer Haustiere beeinflussen.

Es ist eine erfreuliche Tatsache, feststellen zu können, daß diese wissenschaftlichen Erkenntnisse allmählich draußen in der Praxis beim Tierhalter Fuß fassen und praktische Anwendung finden. Speziell durch die in den letzten Jahren angelaufene Tierseuchenbekämpfung, besonders die Bekämpfung der Tuberkulose und Brucellose des Rindes, ist mancher Tierhalter zu einer gewissen Stallhygiene gezwungen worden. Das Interesse des Landwirtes ist durch die breite Aufklärung im Zuge dieser Aktionen geweckt worden. Es bieten sich große Möglichkeiten für die weitere breite Durchdringung und Bearbeitung des Landvolkes mit Gedanken über stallhygienische Maßnahmen und mit deren Durchführung und Bedeutung. Wie in den letzten Jahren bei der Sorge um die Arbeitsplätze des Menschen die Gewerbehygiene, so kann hier in den Stallungen für unsere Haustiere die Stallhygiene einen guten Schritt vorwärts gehen.

Da die Luftverbesserung als der einfachste, schnellste und meist auch billigste Weg zur Stallhygiene erscheint, wird das Hauptaugenmerk auf die Stall-

lüftung und die Stallluft als solche gerichtet. Die gebräuchlichen Untersuchungsmethoden für die Bestimmung der stallklimatischen Faktoren sind noch recht kompliziert und umständlich. Wissenschaft und Industrie bemühen sich aber, einfachere Geräte zu entwickeln und in den Handel zu bringen. Ein solches Gerät zur Bestimmung der gasförmigen Luftbestandteile wurde von der Firma Draeger, Lübeck, in dem Gasspürgerät Modell 19/31 auf den Markt gebracht. Mir wurde die Aufgabe gestellt, im Rahmen dieser Arbeit die Brauchbarkeit dieses Gerätes für die Kohlensäurebestimmung der Luft im Vergleich mit der Pettenkoffer'schen Methode zu prüfen.

III. Eigene Untersuchungen

A. Allgemeine Verhältnisse im Untersuchungsgebiet

a) Lage und Klima. Die Untersuchungen wurden im östlichen Allgäu, und zwar im Gebiet der Landkreise Füssen und Marktoberdorf, durchgeführt. Das Gebiet ist voralpine Moränenlandschaft mit Erhebungen bis zu 1 000 m und hat eine durchschnittliche Höhenlage von etwa 800 m. Es ist geformt durch die Eiszeit und bunt mit Hügeln, Seen und Mooren durchsetzt. Der Boden weist meist eine kiesige Unterlage mit einer 20 - 25 cm dicken Humusdecke auf. Das Klima ist voralpin. Nach dem Klimaauslas von Bayern und der Wetterdienstzentrale München können folgende Werte als gegeben angesehen werden:

Niederschläge im Jahresmittel 1 329 mm

Mittlere Jahrestemperatur 6,5°C

Mittlere Zahl der frostfreien Tage 177

Durchschnittsdatum des ersten Frostes 3. Oktober

Durchschnittsdatum des letzten Frostes 8. Mai

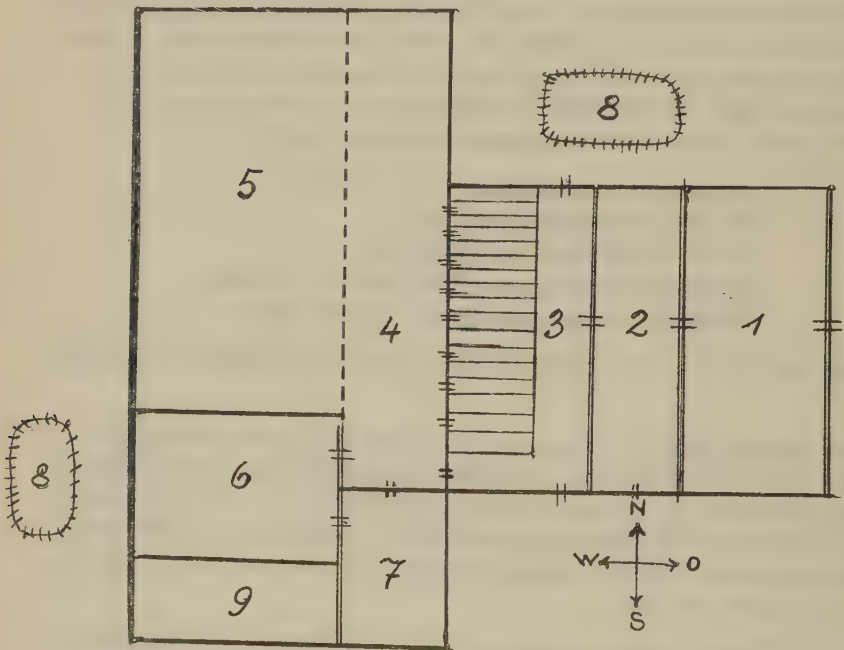
Frühjahr und Herbst weisen häufig Föhn auf, die Hauptwindrichtung ist Westen.

b) Landwirtschaftliche Struktur. Was die allgemeine landwirtschaftliche Struktur betrifft, so läßt der erste Blick das Vorherrschen des Grünlandbetriebes erkennen. So sind im Landkreis Marktoberdorf von 37 274 ha Gesamtwirtschaftsfläche 88 % Wiesen und Weiden und 12 % Ackerland; im Landkreis Füssen fallen von 24 750 ha Gesamtwirtschaftsfläche 96 % auf Wiesen und Weiden und 4 % auf Ackerland.

Das hier gehaltene graubraune Höhenvieh ist von Frühjahr bis Herbst wenigstens stundenweise auf der Weide. Einen Nachteil bildet die einseitige Winterfütterung mit Heu und Grummet, meist ohne Gär- oder Kraftfutter. Diese Art der Fütterung geschieht mit Rücksicht auf die vorwiegende Emmentalerkäse- Erzeugung. Erwähnenswert ist noch die ausgeprägte Güllewirtschaft. Vorherrschend ist der bäuerliche Mittelbetrieb mit ca. 5 - 20 ha und der entsprechenden Viehzahl.

c) Hofanlage. Bei stark aufgelockerter Besiedlung sind Wohnhaus, Stall und Scheune überall unter einem Dach. Die gebräuchlichste Hofanlage ist aus beiliegender Grundrißskizze ersichtlich:

1 Wohnräume, 2 Diele, 3 Hauptstall (Rinder), 4 Futtertenne, 5 Futtervorräte, 6 Nebenstall (Pferde, Jungvieh, Schweine), 7 überdachter Vorplatz, 8 Düngerhaufen, 9 Holzvorrat, Abstellschuppen.



Der Giebel verläuft dabei über dem Wohn- und Stallgebäude in ost-westlicher Richtung, über dem Wirtschaftsgebäude in Nord-Südrichtung in gleicher Höhe. Neben dieser Grundform (T-Form des Giebels) sind verschiedene Abweichungen anzutreffen.

d) Allgemeine Stallverhältnisse. Die Hauptstallungen des Untersuchungsgebietes sind durchweg aus Ziegeln gemauert. Sie sind im allgemeinen mit 4 Türen (Wohngebäude, Futterboden, je 1 Außentüre nach Norden und Süden) und je 1 - 2 Fenstern nach Nord und Süd versehen. Der Boden aus Beton oder Holzbohlen über-

deckt die allgemein darunter befindliche Güllegrube. Die Decke ist eine Holz- oder Asbestdecke, abgedeckt mit Futter oder Streu. Die durchschnittliche Breite des Stalles liegt bei 5 m, die Höhe bei ca. 2,10 bis 2,40 m, die Länge ist je nach Viehzahl bemessen. Die Tiere sind mit wenig Ausnahmen einreihig mit Blickrichtung nach Westen aufgestellt. Durch eine Anzahl Futterlöcher mit beweglichen Verschlussdeckeln kann direkt von der Tenne aus gefüttert werden. Falls ein Luftschacht vorhanden ist, befindet dieser sich regelmäßig in der Mitte der Stallung über dem Laufgang. Nebenstallungen (Pferde, Jungvieh, Schweine) sind im allgemeinen nur in Gehöften mit mehr als 10-12 Rindern anzutreffen und fast durchweg im Südteil der Scheune eingebaut. Außer den 2 Eingangstüren nach Osten, zur Scheune und ins Freie, ist eine bestimmte Regelmäßigkeit hinsichtlich Größe, Form, Bauweise und Aufstellung kaum mehr feststellbar. Aus dem ehemaligen Pferdestall ist häufig durch bauliche Veränderungen der Absonderungs-, Ausweich- oder Jungviehstall geschaffen worden. Oft ist alles Vieh, das nicht der Milchgewinnung dient, darin zu finden. Auch unter diesen Nebenstallungen ist meist eine kleine Jauchgrube vorhanden.

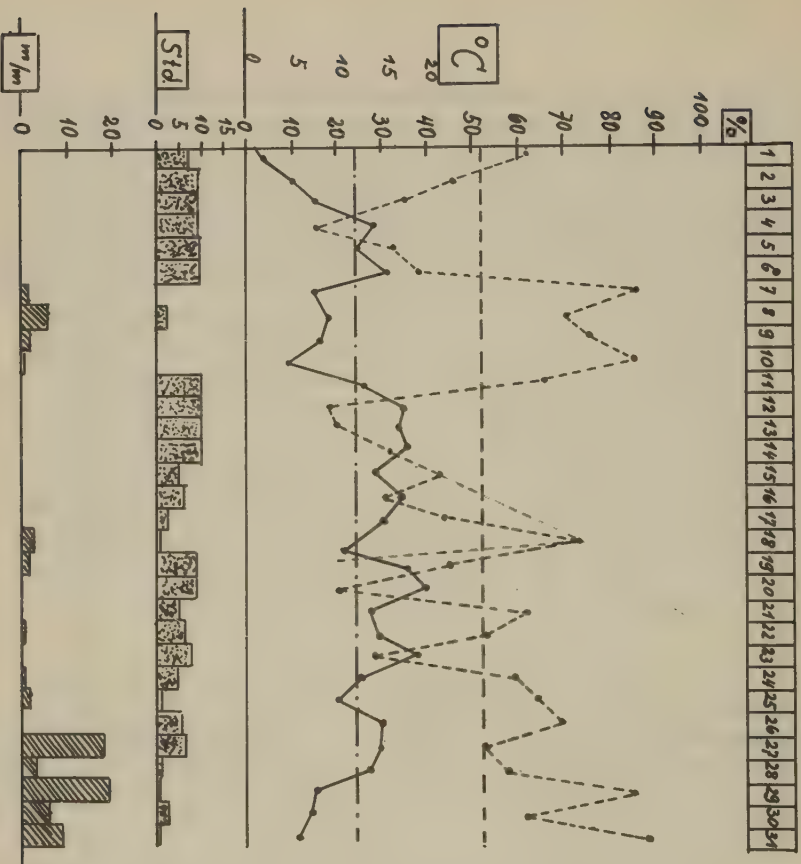
e) Wetterlage im Untersuchungszeitraum. Die tägliche Wetterlage zur Zeit der Untersuchungen in den Monaten März, April und erste Maihälfte 1957 ist aus den folgenden Tabellen I, II und III zu ersehen. (Diese Wetter-Unterlagen sind mir freundlicherweise vom Wetterdienst München zur Verfügung gestellt worden.)

Wie die Tabelle I zeigt, war der Monat März 1957 sehr warm und sonnig. Mit einer Spitzentemperatur von über 20°C war der 23.3.1957 der wärmste Märztag seit 1825. Wie aus der Tabelle II zu ersehen ist, brachte der April 1957 viel Niederschläge, wenig Sonne und kühle Tage. Tabelle III weist auf einen kalten und trüben Monat Mai hin mit einer Tiefsttemperatur von $3,7^{\circ}\text{C}$ am 6.5.1957 mit geschlossener Schneedecke.

Die Wetterbedingungen im Untersuchungszeitraum waren somit vielgestaltig. Viele Tierhalter wurden durch das schöne Wetter im Monat März zu einem sonst nicht üblichen Ausmaß im Öffnen von Türen und Fenstern veranlaßt. So daß das Gesamtbild im Monat März von der Norm etwas abweicht.

Tabelle I

März 1957



Relative Luftfeuchtigkeit

% um 14⁰⁰

Mittel: 52% (44⁰⁰)

Temperaturmittel (14⁰⁰)

12,2°C

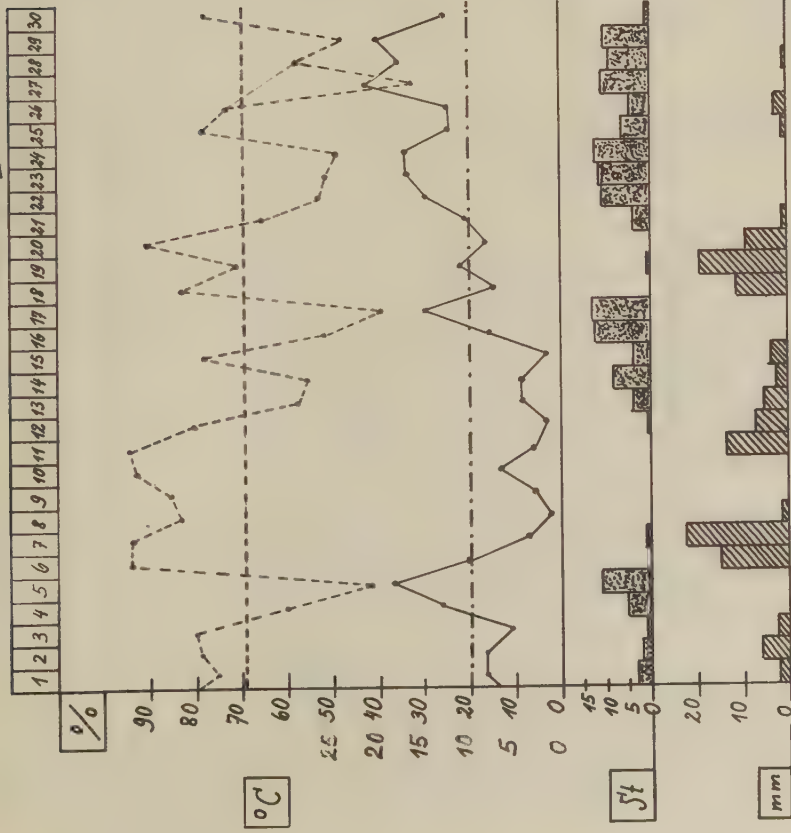
Temperatur (0°C) 14⁰⁰

Jonnenscheindaker in Std.

Niederschläge in mm

Tabelle II

April 1957



Relative Luftfeuchtigkeit
Mittel: 69% (1400)

Relative Luftfeuchtigkeit
(%) um 1400

Temperaturmittel (1400)
9,8 °C.

Temperatur (°C) 1400

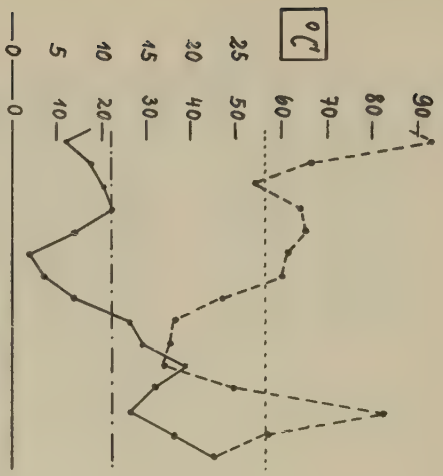
Sonnenscheindauer in St.

Niederschläge in mm

Tabelle III

Mai 1957 (1.-15.)

%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15



----- Relative Luftfeuchtigkeit (%) um 14⁰⁰

----- Relative Luftfeuchtigkeit, Mittel 57% (14⁰⁰)

----- Temperatur (°C) 14⁰⁰

----- Temperaturmittel (14⁰⁰) 14,5°C

Sonnenscheindauer in Std.

Niederschläge in mm

B. Untersuchungsmaterial und Meßmethoden

Im Sinne der Problemstellung wurden vergleichende Kohlensäure-Messungen in insgesamt 129 Stallungen durchgeführt. Der gesamte Untersuchungskomplex ist dabei in 2 ungefähr gleich große Gruppen aufgeteilt worden:

Gruppe A 68 Stallungen, Gruppe B 61 Stallungen.

Bei beiden Gruppen wurde der Kohlensäuregehalt der Stallluft einmal mit der Methode nach P e t t e n k o f e r, zum andern mit dem Draeger'schen Gasspürgerät Modell 19/31 geprüft. Die Untersuchungen der Gruppe A sind nach folgenden Gesichtspunkten durchgeführt worden: Datum, Uhrzeit, Viehzahl, Größe und Art der Stallung mit kurzer Beschreibung, derzeitige Lüftungsverhältnisse, Stalltemperatur, Messung des Kohlensäuregehaltes nach der Pettenkofer'schen Methode und mit dem Draeger'schen Gasspürgerät. Alle Messungen erfolgten in 1 m Höhe über dem Stallboden in der Mitte des Stalles, meist in der Mitte der Stallgasse.

In der Gruppe B wurde neben den bereits in Gruppe A erwähnten Untersuchungsgängen noch die Messung der relativen Luftfeuchtigkeit miteinbezogen und der Kohlensäuregehalt nicht nur in 1 m Bodenhöhe, sondern auch noch etwa 20 cm unter der Stalldecke mit den erwähnten Methoden gemessen.

Durchführung der CO₂-Messung nach P e t t e n k o f e r: In eine mit der zu untersuchenden Luft gefüllte 5-Liter große Flasche wird eine abgemessene Menge Barytwasser von bekannter Konzentration gegeben. Nach 10 Minuten kräftigem Durchschütteln bindet sich die Kohlensäure der Luft mit dem Bariumhydroxyd zum Bariumkarbonat. Durch diese Reaktion vermindert sich die Alkalität des Barytwassers in einem ganz bestimmten Verhältnis zu der absorbierten Kohlensäuremenge. Diese Alkalitätsverminderung wird titrimetrisch festgestellt und aus dem Ergebnis die Menge der absorbierten Kohlensäure berechnet.

CO₂-Messung mit dem Draeger'schen Gasspürgerät Modell Nr.19/31: Das Gerät besteht grob gesehen aus einer Balgpumpe und je nach Art der beabsichtigten Messungen aus den entsprechenden Prüfröhrchen, die mit bestimmten Farbreagenzien für die jeweils angegebenen Gase gefüllt sind. Im vorliegenden Falle sind Kohlendioxid-Prüfröhrchen "0,5%" verwendet worden.

Die Vorgänge zur Anwendung des Gerätes sind im einzelnen folgende: Die Pumpe wird in die eine Hand genommen, das Prüfröhrchen in die andere und beide Spitzen werden in der Kettenöse drehend abgebrochen. Prüfröhrchen in den Pumpenkopf dicht einsetzen, so daß der Pfeil zur Pumpe zeigt. Balg bis zum

Anschlag mit den Fingern zusammendrücken. Finger strecken, Saugvorgang läuft selbsttätig ab und ist beendet, wenn die Kette gespannt ist. Pro Hub werden 100 ccm Luft durch das Prüfröhrchen angesaugt. Im positiven Falle tritt im Röhrchen eine Verfärbung ein. Bei niedrigen Konzentrationen des gesuchten Gases ist es eventuell wegen der zu geringen Farbreaktion im Prüfröhrchen ratsam, den Saugvorgang mit Hilfe desselben Prüfröhrchens mehrmals zu wiederholen. Der abgelesene Wert ist bei mehrmaligem Ansaugen durch die Zahl der Saugvorgänge zu dividieren.

Das Gerät ist so konstruiert, daß es ohne weiteres mit einer Hand zu betätigen ist. Sein Gewicht ist so bemessen, daß auch bei längerer Anwendung Ermüdungserscheinungen kaum auftreten. Neben einfacher Handhabung ist es robust und fast wartungsfrei. So mußten bei fast 1 500 Einzelmessungen weder Ventile noch Schutzsieb gewechselt werden. Die Dichtigkeit war am Ende so gut wie Beginn der Messungen. Das Prüfröhrchen darf nach positiver Anzeige nicht mehr verwendet werden. Die Verfärbung des Röhrchens hält nur eine begrenzte Zeit an. Die Reagentien im Prüfröhrchen sind spezifisch und werden durch andere Gase der Stallluft nicht beeinträchtigt. Die relative Luftfeuchtigkeit wurde mit einem einfachen Haarhygrometer, die Temperatur mit einem Quecksilberthermometer geprüft, und zwar jeweils zur gleichen Zeit und am gleichen Standplatz im Stall, wo die Kohlensäuremessungen vorgenommen wurden.

C. Ergebnisse der Stalluntersuchungen

Die nachfolgenden Tabellen geben eine Übersicht über die gesamten Meßergebnisse. Dabei sind in beiden Gruppen A und B die Haupt- und Nebestallungen nochmals gesondert behandelt.

Zeichenerklärung:

- R = Rinder über 1 Jahr
- J = Kälber und Jungvieh unter 1 Jahr
- S = Schweine
- Pf = Pferde
- + = Jauchegrube unter dem Stall vorhanden
- Bl = Bodenlüftung
- Dl = Deckenloch, Öffnung zum Streuboden
- Wl = Wandlüftung verschiedener Art

Stalltabelle Gruppe A

(Hauptstallungen)

Tabelle IV

Seite 1

Datum der Unter- suchung	Stall- Nummer	Viehzahl während der Messungen		Größe in m ³	Boden- fläche in m ²	Fenster Zahl	Türen Zahl	Füttertrichter	Luftschne- trube	Lüftungseinrichtung			Temp. in C	CO ₂ Messung in %							
		R.	J. S. Pf.							Art	zur Zeit der Messung	offen		mit Dräger- gerät	nach Petten- kofer						
						m ²				LS	T	FE	FL	A							
6,3	1	13	-	5	-	157	60,2	2,0	2	4	7	+	-	-	1	1	-	15	0,1700	0,1300	
"	2	13	-	5	-	186	72,2	2,0	2	4	5	+	LS, DL	1	1	1	-	18	0,2000	0,2025	
7,3	3	15	-	-	-	206	78,0	1,5	2	4	10	+	LS	1	1	-	-	17	0,2500	0,2200	
"	5	29	3	5	-	352	74,2	6,6	6	3	13	+	LS	1	2	-	13	-	15	0,2000	0,2050
"	6	20	1	-	-	212	88,2	2,7	3	5	10	+	LS	1	2	-	10	-	14	0,1700	0,1750
8,3	8	30	-	-	-	320	128,0	6,0	4	4	7	+	LS, RHD	1	1	4	-	12	0,2000	0,1925	
"	10	20	-	3	-	226	94,0	2,0	3	4	19	+	LS	1	-	2	17	-	15	0,1700	0,1825
11,3	12	19	-	-	-	239	85,3	1,2	3	4	6	+	LS	1	1	-	-	17	0,2500	0,2125	
"	14	13	-	4	-	247	98,9	2,4	4	4	7	+	LS	1	1	3	-	17	0,1500	0,2100	
12,3	16	16	4	-	-	198	88,0	2,0	4	4	8	+	LS	1	1	1	8	-	19	0,2500	0,2300
"	17	11	1	-	-	135	56,4	1,5	2	4	6	+	LS	-	-	2	-	18	0,2000	0,2200	
"	20	16	3	-	-	198	79,0	2,4	2	4	7	+	LS	1	1	2	-	17	0,1750	0,2300	
"	22	13	-	2	-	174	72,4	2,6	2	4	5	+	LS	1	-	-	5	-	16	0,2500	0,3125
13,3	24	12	-	-	-	193	84,0	2,2	3	4	9	+	-	-	1	-	-	18	0,2500	0,3125	
"	25	6	-	-	-	78	37,2	1,0	1	3	3	+	LS	1	1	1	-	17	0,3000	0,3150	
"	26	5	-	-	-	51	24,5	0,9	1	2	2	+	DL	-	-	-	1	DL	18	0,3000	0,3475
14,3	28	8	3	-	-	77	38,4	1,4	3	3	5	+	-	-	1	3	-	20	0,2000	0,2250	
"	29	20	2	13	-	290	121,0	5,5	5	4	9	+	LS	1	1	4	-	20	0,2000	0,1875	
"	30	14	-	-	-	168	69,9	3,0	2	4	6	+	-	-	1	2	-	19	0,2000	0,2000	

Datum der Unter- suchung	Stall- nummer	Viehzahl während der Messungen		Größe in m ³	Boden- fläche in m ²	Fenster Zahl	Türen Zahl	Futterlöcher	Jauchegrube	Lüftungseinrichtung				Temp. in C	CO ₂ Messung in %					
		R.	J. S. Pf.							Art	Messung	zur Zeit der Messung offen	mit Dräger- Gerät		nach Petten- kofor					
14,3	32	12	-	-	130	54,0	2,0	1	4	6	+	LS	1	-	1	6	-	16	0,2250	0,2275
"	33	4	6	-	115	48,0	4,2	3	2	4	+	-	-	1	-	4	-	17	0,2500	0,2338
"	35	13	-	-	125	54,2	1,5	2	3	4	+	LS	1	1	2	-	-	16	0,2250	0,2325
15,3	36	22	2	-	205	100,0	3,5	4	4	11	+	LS	1	1	2	-	-	17	0,2250	0,2250
16,3	37	17	2	2	223	98,4	4,0	4	4	10	+	LS, WL	1	2	1	-	WL	18	0,1800	0,1675
"	38	11	-	-	166	69,1	2,2	3	4	7	+	-	-	2	1	-	-	16	0,0500	0,1550
18,3	40	13	1	-	154	61,4	2,7	3	4	6	+	LS	1	1	2	6	-	14	0,1700	0,1850
"	42	8	1	-	112	48,6	1,3	2	4	5	+	DL	-	1	-	-	-	14	0,1500	0,1525
"	43	11	3	-	163	65,0	1,6	2	4	6	+	LS	1	-	1	-	-	17	0,2000	0,2288
"	44	7	-	4	120	48,0	2,2	2	4	4	+	LS, WL	1	1	1	-	WL	18	0,2167	0,2175
"	45	18	2	-	272	115,8	4,5	5	5	-	+	LS	1	1	2	-	-	17	0,1000	0,1600
"	46	9	9	-	207	79,7	4,4	4	4	4	+	LS	1	1	1	-	-	18	0,1500	0,1650
"	47	10	2	-	149	65,0	2,3	3	2	2	+	DL	-	-	-	-	DL	16	0,2200	0,2250
"	48	9	2	4	153	66,7	2,9	4	-	-	+	DL	-	-	-	-	DL	16	0,3000	0,3450
"	49	6	-	-	84	37,5	1,2	3	2	2	+	-	-	1	-	1	-	16	0,3167	0,3525
19,3	50	17	2	-	332	139,6	5,4	8	6	-	+	LS, WL	1	-	4	-	WL	15	0,1700	0,2125
"	52	16	4	-	296	103,8	7,1	6	4	4	+	LS	1	-	4	-	-	18	0,4000	0,3750
20,3	53	10	-	-	144	62,5	1,8	3	3	6	+	LS	1	1	-	6	-	22	0,2000	0,2000
"	55	11	4	-	180	69,1	4,7	3	5	5	+	LS, WL	1	2	2	-	DL	19	0,1500	0,1525
21,3	57	7	1	-	106	48,3	0,9	2	4	4	+	DL	-	1	1	-	DL	16	0,1500	0,1675

Datum der Unter- suchung	Stall-Nummer	Viehzahl während der Messungen		Größe in m ³	Boden- fläche in m ²	Fenster		Türen Zahl	Fäkalien- behälter	Fäkalien- grube	Lüftungseinrichtung					Temp. in C	CO ₂ Messung in %	
		R.	J. S. Pf.			m ²	Zahl				Art	zur Zeit der Messung	offen	LS T FE FL A	mit Dräger- gerät		nach Patten- kofer	
21,3	58	14	1 - -	156	67,8	3,6	3	4	7	+	LS	1	1	4	-	0,2000	0,2150	
"	60	-	4 - -	49	21,3	1,1	2	2	-	+	-	-	1	2	-	0,2230	0,2200	
"	61	11	2 - -	98	46,5	1,3	3	4	4	+	DL	-	1	1	4	DL	0,1500	0,1475
"	62	15	2 4 -	218	95,0	2,4	3	5	7	+	DL	-	1	1	2	-	0,1667	0,1625
"	64	11	2 1 -	130	57,8	0,9	2	4	6	+	DL	-	1	2	-	DL	0,1500	0,1525
23,3	65	16	- - -	233	94,0	2,7	4	3	-	+	-	-	-	2	-	-	0,1667	0,1300
"	66	12	3 - -	179	71,7	2,7	4	1	-	+	LS	1	-	2	-	-	0,1750	0,1750
"	67	12	2 - -	130	57,6	1,7	3	4	6	+	-	-	1	-	-	-	0,3000	0,2800
"	68	7	- 1 -	105	49,9	2,0	2	4	5	+	DL	-	1	2	-	DL	0,1667	0,1850

LS	=	Luftschacht
HHD	=	Heraklithhohldecke
T	=	Türe
FE	=	Fenster
FL	=	Futterlöcher
A	=	andere Lüftungseinrichtung im Betrieb

Wie aus Tabelle IV ersichtlich ist, handelte es sich um 48 Kuhställe, die in ihrer Gesamtheit 622 Rinder, 74 Stück Jungvieh und 53 Schweine beherbergten. Der Durchschnittswert betrug je Stall 176 cbm Rauminhalt, 3 Fenster und 3,7 Türen. Das Fenster-Grundflächenverhältnis war 1:27. 42 Stallungen (= 87,5%) besaßen Futterlöcher, 48 (= 100%) eine Güllegrube unter dem Stallgang bzw. Standort der Tiere. 10 Ställe (= 21%) konnten keine zusätzliche Lüftungseinrichtung aufweisen, 23 waren mit einem Luftschacht allein, 9 mit einer einfachen Deckenlüftung zur Obertenne und 6 mit einer kombinierten Anlage ausgerüstet. Zur Zeit der Messungen fand ich davon 28 Luftschächte geöffnet, 7mal Deckenluken, 36mal Türen, 34mal Fenster und in 13 Fällen die Futterlöcher offen. Die durchschnittliche Stalltemperatur lag bei 17,5° C.

Bei der Besprechung der Kohlensäurewerte der einzelnen Stallungen mochte ich nur diejenigen einer näheren Betrachtung unterziehen, die um oder über 0,3% Kohlensäure aufwiesen. In Stall Nr. 23 mit einem Kohlensäuregehalt von 0,25% bzw. 0,31% wurden die Futterlöcher erst unmittelbar vor der Messung geöffnet. Daraus läßt sich eventuell auch die Differenz zwischen den beiden Methoden erklären. Der Stall hat einen größeren, dumpfen fenster- und türlosen Anbau für die Mutterschweine, der meiner Ansicht nach immer ein Reservoir für verbrauchte Luft darstellt. Ferner dürfte auch die Einstellung des Personals zur Haltung der Tiere eine Rolle spielen. Stall Nr. 24 befand sich in einem Pacht-
hof, hatte eine feuchtschimmelige Holzdecke, keine Lüftungsanlagen und nur die Hälfte der geteilten Aussentüre nach Süden offen. Dabei war der Stall 17,5 m lang und nur zu 2/3 mit Vieh besetzt. Bei den Nummern 25 und 26 handelte es sich um einen der üblichen Kuhställe, die im Zuge der Tuberkulosebekämpfung durch eine Trennwand in 2 Räume abgeteilt und damit auch in ihren Ventilationsmöglichkeiten weitgehend behindert waren. Obwohl der Stall Nr. 48 vor ca. 3 Jahren neu gebaut wurde, war kein Luftschacht, sondern nur eine kleine Öffnung zum Streuboden vorzufinden. Der Verputz der Wände und der Decke war feucht. Der Viehhalter schien darauf bedacht zu sein, die Aussenluft von seinem mit Tuberkulose und anderen Aufzuchtkrankheiten befallenen Vieh abzuhalten. Die Kleinstallung Nr. 49, die ungünstig an die Nordwest-

Seite am Hang gebaut war, könnte nur durch einen gut funktionierenden Luftschacht zugfrei be- und entlüftet werden.

Zunächst waren mir die Kohlensäurewerte in Stall Nr. 52 im Vergleich zu anderen Stallungen unverständlich, da es sich um einen sauberen, fortschrittlich geführten Betrieb handelte. Ich fand die Erklärung dann aber darin, daß der Stall für seine Grundfläche etwas zu hoch, mit flacher Massivdecke gebaut, die Oberlichtöffnungen direkt unter der Decke befindlich, nur oben durchventiliert war.

Die Ergebnisse der Untersuchungen in den Nebestallungen der Gruppe A sind in Tabelle V zusammengestellt.

Die Tabelle V (Nebestallungen) zeigt, daß diese 20 Stallungen insgesamt mit 43 Rindern, 81 Stück Jungvieh, 79 Schweinen und 11 Pferden besetzt waren. Die durchschnittlichen Werte betrugen: Rauminhalt 117 cbm, 4 Fenster und 2 Türen je Stall. Das Verhältnis der Fenster zur Bodenfläche war 1:20. In keinem Falle waren Futterlöcher vorhanden, dagegen befanden sich in 60% der Fälle eine Jauchegrube unter der Stallung. Dazu besaßen 14 Stallungen (= 70%) dieser Untergruppe keine eigenen Lüftungseinrichtungen. 4mal konnte ein Luftschacht, 1mal eine offene Luke zur Obertenne und 1mal eine Heraklithhohldecke festgestellt werden. Aus der Aufstellung geht hervor, daß hauptsächlich Türen und Fenster zur Klimatisierung benützt wurden. Die mittlere Stalltemperatur betrug $15,9^{\circ}\text{C}$.

Der durchschnittliche Kohlensäuregehalt lag nach der Methode von Pettenkofer bei 0,2%, mit dem Draeger'schen Gasspürgerät jedoch bei 0,16%. In dieser Zusammenstellung fallen besonders die hohen Kohlensäurewerte der Stallungen Nr. 23 und 27 auf. In einem Falle war eine Lüftungseinrichtung überhaupt nicht vorhanden, Fenster und Türen geschlossen und durch den Zementwarpfputz des halben Stalles der Luftaustausch weitgehend verhindert. Der andere Stall war überbesetzt und der Luftschacht in seinen Dimensionen zu klein. Die Fenster waren nur mit den Oberlichtern geöffnet.

Die Ergebnisse der Hauptgruppe B sind aus der folgenden Tabelle VI ersichtlich.

Stalltabelle Gruppe A

Tabelle V

(Nebens Stallungen)

Datum der Unter- suchung	Stall- Nr.	Viehzahl während der Messungen			Größe in m ³	Boden- fläche in m ²	Fenster Zahl	Türen Zahl	Futterlöcher Jauchegrube	Lüftungseinrichtung				Temp. in C	CO ₂ Messung in %	
		R.	J.	S. Pf.						Art	zur Zeit der	Messung	offen		mit Dräger- gerät	nach Petten- koker
7.3	4	-	8	2 1	168	64,6	2,5	5	2	-	-	-	-	15	0,1500	0,1600
"	7	6	-	8 1	189	67,5	2,0	5	2	-	DL	-	1	13	0,1700	0,1700
8.3	9	1	-	2 2	105	42,0	3,0	3	2	-	BHD	-	-	13	0,2000	0,2025
"	11	-	-	4 2	112	51,0	0,4	2	2	-	-	-	2	14	0,1500	0,1950
11.3	13	6	-	5 -	152	66,0	4,6	8	2	-	LS	1	1	16	0,1500	0,1850
"	15	-	6	-	143	51,0	4,2	6	3	-	-	-	1	14	0,0500	0,1500
12.3	18	3	7	- 1	130	52,8	1,9	4	2	-	-	-	1	18	0,2000	0,2250
"	19	-	-	4 -	64	27,9	1,8	3	1	-	-	-	-	16	0,2000	0,2300
12.3	21	-	0	-	69	40,6	0,4	2	1	-	-	-	-	13	0,0625	0,1650
"	23	-	6	2 -	118	49,0	2,0	4	3	-	-	-	-	14	0,3000	0,3875
13.3	27	10	-	8 -	128	47,3	3,4	5	2	-	LS	1	2	18	0,2250	0,3525
14.3	31	1	9	5 -	140	53,8	2,2	4	2	-	-	-	1	17	0,2000	0,2075
"	34	-	3	- 2	83	33,3	1,2	3	2	-	-	-	1	14	0,1250	0,1450
16.3	39	-	6	-	74	30,3	1,9	3	2	-	-	-	1	17	0,1250	0,1750
18.3	41	1	7	4 -	91	37,8	1,8	5	2	-	LS	1	1	14	0,2000	0,1975
19.3	51	9	-	19 -	79	33,0	4,3	4	2	-	-	-	1	17	0,1750	0,2100
20.3	54	6	4	5 -	121	54,9	3,0	5	2	-	LS	1	1	21	0,1750	0,1963
"	56	-	5	7 -	100	40,0	2,4	5	2	-	-	-	1	17	0,1500	0,1775
21.3	59	-	5	6 -	131	46,6	2,4	3	3	-	-	-	-	19	0,2000	0,2200
"	63	-	7	- 2	143	59,6	1,7	4	2	-	-	-	1	17	0,1750	0,1850

Stalltabelle Gruppe B
(Hauptstallungen)

Tabelle VI
Seite 1

Datum der Unter- suchung	Stall- Nummer	Viehzahl während der Messungen		Größe in m ³	Boden- fläche in m ²	Fenster		Türen Zahl	Fütter- löcher	Täue- herube	Lüftungseinrichtung				Temp. in C	Luftfeuch- tigkeit in %	CO ₂ Messung in %		Ort d. Messung		
		R.	J. S. Pf.			m ²	Zahl				Art	zur Zeit der Messung offen	LS	T			FE	PL		A	mit Dräger- gerät
23.3	1	20	2 2 -	285	121,6	2,8	4	5	10	+	LS	1	1	2	-	18	64	B	0,1917	0,1975	
																		D	0,2500	0,2400	
25.3	3	17	5 3 -	288	129,0	2,1	5	4	10	+	LS	1	1	-	-	20	74	B	0,2500	0,2250	
"	4	13	2 6 -	85	44,8	1,4	3	4	5	+	DL	-	1	1	3	DL	21	B	0,1834	0,1850	
																		D	0,2125	0,2175	
26.3	5	18	10 - -	388	140,3	22,6	12	4	-	-	BL	-	1	10	-	BL	16	B	0,1667	0,1000	
																		D	0,1500	0,1625	
"	6	-	14 5 1	221	96,1	5,2	6	3	8	+	LS	1	1	6	6	-	15	B	0,1160	0,0825	
																		D	0,1500	0,1500	
"	7	8	10 - -	276	110,1	3,6	5	5	-	+	LS	1	2	-	-	17	67	B	0,2000	0,1975	
																		D	0,2000	0,1975	
"	8	16	- 5 -	306	133,5	4,9	5	4	-	+	LS	1	2	2	-	16	74	B	0,2083	0,1925	
																		D	0,1875	0,2350	
27.3	9	5	2 - -	55	24,0	0,9	1	3	3	+	-	-	1	1	-	20	62	B	0,1250	0,1175	
																		D	0,1667	0,1500	
"	10	7	- - -	136	58,9	1,6	2	4	6	+	DL	-	1	1	1	DL	19	B	0,2200	0,2275	
																		D	0,2000	0,2075	
"	12	8	- - -	125	54,4	9,8	4	4	-	+	LS	1	-	3	-	16	78	B	0,2330	0,2375	
																		D	0,2500	0,2425	
28.3.	13	10	- 3 -	106	47,0	1,4	4	4	4	+	-	-	1	2	2	-	18	71	B	0,2250	0,2250
																		D	0,1830	0,1900	

(Hauptstallungen)

Datum der Untersuchung	Viehzahl während der Messungen	Größe in m ³	Bodenfläche in m ²	Fenster Zahl	Türen Zahl	Futterlöcher	Jauchegrube	Lüftungseinrichtung				Temp. in °C	Luftfeuchtigkeit in %	CO ₂ Messung in %	
								Art	zur Zeit der Messung	offen	Art			mit Direkter-Gerät	nach Retten-kofe
Stall-Nr.	R.	J.	S.	Pf.				LS	T	FE	PL	A		Ort	
Messungen wegen Glasbruch unterbrochen															
28.3 15	16 13	1	6	-	203	88,3	2,4	4	5	B + LS	1	1	- - -	19	80
"														B 0,2500 0,2575 D 0,3000 0,3000	
29.3 17 17	4	-	-	208	90,1	5,0	5	4	8 + LS	1	1	3 - -	17	75	
"	19 13	1	2	-	159	73,1	3,6	8	3	- + - -	- 4 - -	- -	18	80	
"	20 6	-	4	-	79	35,2	1,5	2	4	4 + - -	- 1 3 -	-	16	70	
2.4 21 16	2	-	-	204	88,3	1,0	2	4	8 + - -	- 1 - 8 -	-	-	16	67	
3.4 22 8	1	4	-	140	55,8	2,8	4	4	- + - -	- - 3 - -	- -	-	16	80	
"	23 5	-	1	-	54	24,3	0,5	1	2	2 + - -	- 1 1 - -	- -	18	84	
4.4 24 18	3	-	-	188	91,5	2,6	5	4	9 + DL	- 1 1 9 DL			17	65	
5.4 26 14	2	-	-	225	86,5	5,6	7	4	- + - -	- - 3 - -	- -	-	15	74	
"	27 25	2	8	1	413	153,0	3,8	3	8 + LS, DL	1 1 1 - DL			16	79	
8.4 28 11	2	-	-	171	69,8	1,9	3	5	7 + - -	- 1 - - -	- -	-	16	75	
"	29 8	-	-	-	92	40,0	1,3	2	4	4 + LS	1 - - - -	- -	14	64	
HHD															
														B 0,1667 0,1850 D 0,2200 0,2250	

HHD

Datum der Untersuchung	Viehzahl während der Messung		Größe in m ³	Bodenfläche in m ²	Fenster m ²	Türen Zahl	Luftschneide Futterlöcher	Luftungseinrichtung				Temp. in C	Luftfeuchtigkeit in %	CO ₂ Messung in %						
	R.	J. S. pf.						Art	zur Zeit der Messung offen	LS	T			FE	FL	A	mit Dräger-gerät	nach Pettenkofer		
23.4	31	4 - 3	101	40,5	1,8	3	4	2	+	-	-	1	1	-	15	78	B	0,2000	0,2050	
"	32	10 1 - -	111	50,4	1,2	2	4	4	+	DL	-	1	2	-	DL	19	66	B	0,2500	0,2475
"	34	12 3 - -	232	110,4	2,4	4	6	10	+	-	-	-	1	-	-	18	77	B	0,2000	0,1875
24.4	36	23 3 - -	272	108,8	2,4	4	4	6	+	LS	1	1	1	1	-	16	75	D	0,1850	0,1900
27.4	38	25 1 - -	452	161,3	12,0	8	4	-	+	LS	1	1	1	-	-	17	82	B	0,4000	0,4025
"	39	13 1 - -	185	77,0	2,5	3	4	7	+	LS	1	1	1	-	-	21	83	D	0,1650	0,1650
29.4	41	16 1 6 -	216	94,0	2,2	3	4	7	+	LS	1	2	-	-	-	17	72	B	0,3000	0,2975
"	42	28 2 - -	292	124,2	2,1	3	4	11	+	LS	1	1	2	3	-	22	75	B	0,3125	0,3000
"	44	13 - - -	144	65,3	1,2	2	4	6	+	-	-	-	1	-	6	19	76	D	0,1250	0,1250
30.4	46	15 2 20 -	389	169,1	4,2	7	5	-	+	LS	1	2	6	-	-	19	78	D	0,2500	0,2400
"	47	19 3 - -	203	92,2	3,4	4	4	9	+	LS	-	1	3	-	-	19	75	B	0,1000	0,1050
"	48	23 2 - -	288	106,7	2,3	4	4	9	+	LS	1	1	2	-	-	19	83	B	0,1500	0,1600
2.5.	51	13 1 - -	149	64,8	1,1	2	4	6	+	LS	1	-	-	-	-	22	80	B	0,2425	0,2450
																	D	0,3133	0,3000	
																	D	0,1875	0,1950	
																	D	0,2333	0,2350	
																	B	0,4000	0,3425	
																	D	0,5000	0,4725	

Stalltabelle Gruppe B
(Hauptstallungen)

Tabelle VI
Seite 4

Datum der Unter- suchung	Stall- Nummer	Viehzahl während der Messungen	Größe in m ³	Boden- fläche in m ²	Fenster Zahl	Türen Zahl	Futterlöcher	Jauchegrube	Lüftungseinrichtung		Temp. in C	Luftfeuch- tigkeit in %	CO ₂ Messung in %									
									Art zur Zeit der Messung	offen			mit Drücker- gerät	nach Petten- kofer								
4.5	52	20	2	-	221	100,5	2,9	4	4	7	+	-	-	2	3	-	-	17	77	B	0,3000	0,3125
"	54	19	2	-	199	86,4	3,5	3	4	9	+	-	-	1	5	-	-	17	73	B	0,3333	0,3400
5.5	56	10	-	4	184	80,0	3,3	3	4	-	+	-	-	-	1	-	-	15	85	B	0,2375	0,2206
6.5	57	27	1	4	410	157,9	4,2	6	4	8	+	LS, DL	1	1	2	-	DL	16	82	B	0,5000	0,5050
"	59	20	2	-	296	109,4	2,1	4	4	6	+	-	-	-	-	-	-	19	88	B	0,3100	0,2875
9.5.	61	11	-	-	138	60,0	1,0	2	4	5	+	-	-	2	1	-	-	17	71	B	0,2917	0,2925
																				D	0,4750	0,4750
																				D	0,5500	0,5300
																				B	0,1583	0,1650
																				D	0,2500	0,2650

Die Tabelle VI macht deutlich, daß diese Hauptgruppe B wiederum 42 sog. Kuhställe mit insgesamt 597 Rindern, 90 Jungrindern, 86 Schweinen und 2 Pferden umfaßte. Die Durchschnittswerte betrugen je Stall. Rauminhalt 212 cbm, 4,1 Fenster und 4 Türen. Auch hier lag das Verhältnis Fensterfläche zur Grundfläche bei 1:27. Futterlöcher wurden in 32 (= 76,2%) Fällen und Güllegruben unter der Stallung in 41 Fällen (= 97,6%) vorgefunden. Nur bei 25 Stallungen (59,5%) konnte eine Lüftungsanlage festgestellt werden, der Rest von 40,5% kam mit Fenster- und Türlüftung aus. Zur Zeit der Messung waren geöffnet: 19mal Luftschächte, 33mal Türen, 31mal Fenster, 1omal Futterlöcher und 4mal Deckenluken. Der Durchschnitt der Stalltemperatur lag bei 17,6°C, der Mittelwert der relativen Feuchtigkeit betrug 75%.

Die Kohlensäuremessungen dieser Gruppe lieferten folgende Durchschnittswerte:

<u>Ort der Messung</u>	<u>mit Draeger-Gerät</u>	<u>nach Pettenkofer</u>
1 m über dem Boden	0,2232	0,2178
unter der Decke	0,2577	0,2560

Auffallend ist hier die geringe Differenz zwischen beiden Meßmethoden, wie auch die deutlich höheren Kohlensäurewerte unter der Stalldecke. Auch hier möchte ich, wie bei der Gruppe A, nur auf die Stallungen mit einem auffallend hohen Kohlensäuregehalt eingehen.

Stall Nr. 16 konnte bei knapp 20 m Länge durch eine offene Halbtür und einen mäßig funktionierenden Luftschacht nicht genügend ventiliert werden. Vermutlich wurde dieses Oberteil der Tür auch erst kurz vor Beginn der Messung geöffnet.

Der Stall Nr. 19 wurde vor 3 Jahren neu, jedoch ohne Luftschacht gebaut. Da nur in einer Ecke 4 Fenster-Oberlichter geöffnet waren, konnte mit einer guten Durchlüftung des ganzen Stalles nicht gerechnet werden. Vermutlich wäre das Ergebnis der Messung in den Stallenden anders ausgefallen als in der Stallmitte.

Die überbelegte Kleinstallung Nr.23 war nur einseitig mit Türen und Fenstern versehen und auch diese nur wenig geöffnet.

Das Meßergebnis von 0,4 bzw. 0,42 % bei Stall Nr. 34 konnte nicht überraschen, da es sich hier um eine Stallung handelte, die 24 m lang und 4,6 m breit ist, über keine Lüftungseinrichtung verfügte und einen feuchten und dumpfen Eindruck machte.

Sehr interessant war das gute Funktionieren der Belüftung von Stall Nr. 38. Die Deckenmessung mußte in der Nähe der Öffnung des Luftschaftes durchgeführt werden und ergab hier einen Kohlensäuregehalt von 0,3%, während in Kopfhöhe der Rinder nur 0,16% übereinstimmend bei beiden Methoden festgestellt wurden. Der Stall, fast quadratisch angelegt, mit doppelreihiger Aufstallung und Düngergang in der Mitte, besaß je 1 Oberlicht und 1 Halbtüre in entgegengesetzter Richtung als Frischluftzufuhr. Die verbrauchte Luft konnte sich durch den Abzugschacht in der Mitte der Stallgasse entfernen. In diesem Stall ist das Problem einer leicht regulierbaren, für die Tiere zugfreien Lüftung gut gelöst.

Das Gegenteil ist bei Stall Nr. 39 mit dem im Untersuchungsgebiet typischen Langstall, der quer im Vordergebäude der Hofanlage eingebaut ist, der Fall. Hier war südseitig eine Türe und 1 Fenster geöffnet, ebenso der Luftschaft in der Mitte. Die gesamte hintere Stallhälfte lag in einem toten Lüftungswinkel.

Ähnliches gilt auch für Stall Nr. 47 und 52, bei denen noch dazu der Luftschaft außer Betrieb bzw. überhaupt nicht vorhanden war.

Daß aber andererseits ein Luftschaft allein, besonders wenn er zu klein oder schlecht isoliert ist, seine Aufgabe nicht bewältigen kann, zeigte der Überbesetzte Stall Nr. 51. Hier fehlte in erster Linie die entsprechende Frischluftzufuhr.

In Stall Nr. 56 bestand wiederum, vermutlich wegen des herrschenden Schneefalles, die gesamte Lüftung in der Öffnung eines einzigen Oberlichtes. Der Stall ist übervoll und hat eine Spannbetondecke ohne besondere Lüftungsanlage.

Daß nur südseitig gelegene und halbgeöffnete Fenster und Türen in Verbindung mit Luftschaft und Deckenluke in der Mitte des Stalles keine genügende Ventilation des gesamten Raumes ergeben, konnte auch bei dem Stall Nr. 57 festgestellt werden. Hier wurde als Decke ein Schienengewölbe, als Boden ein Betonpflaster vorgefunden, das ständig feucht und naß war.

Die höchsten Kohlensäurewerte wurden in Stall Nr. 59 gefunden. Dieser Stall besitzt trotz seiner Größe keine zusätzliche Lüftungseinrichtung, auch Türen und Fenster scheinen kaum einmal geöffnet zu werden. Hier liegt es wohl in erster Linie am Tierhalter selbst und an seiner entsprechenden Einstellung zur Stallhygiene. Seit Jahren bildet dieser Stall einen günstigen Nährboden für Tuberkulose und alle möglichen Aufzuchtkrankheiten, zumal das Vieh auch die entsprechende regelmäßige Pflege vermißt.

Stalltabelle Gruppe B
(Nebenstallungen)

Tabelle VII
Seite 1

Datum der Untersuchung	Viehzahl während der Messungen		Größe in m ³	Bodenfläche in m ²	Fenster Zahl	Türen Zahl	Fütterlöcher	Jauchegrube	Lüftungseinrichtung		Temp. in C	Luftfeuchtigkeit in %	CO ₂ Messung in %	
	R.	J. S. Pf.							Art zur Zeit der Messung offen	LS T FE FL A			mit Dräger-gerät	nach Pettenkofer
23.3	2	- 3 - 1	79	33,0	1,8 3	2	-	-	-	1 - - -	16	67	B 0,0833 0,0950 D 0,1000 0,1100	
27.3	11	2 8 2 1	100	45,6	2,0 4	2	-	+	LS 1 1 1 - -	17	80	B 0,1667 0,2150 D 0,2083 0,2125		
28.3	14	4 7 - 1	112	46,8	1,2 3	2	-	+	- - 1 2 - -	16	76	B 0,2500 0,2750 D 0,2250 0,2500		
29.3	18	- 6 3 1	118	45,5	1,7 3	2	-	+	DL - 1 - - DL	15	82	B 0,1875 0,1900 D 0,2250 0,2700		
4.4	25	- 5 8 1	107	45,7	3,2 5	2	-	-	RHD - 1 + - -	13	76	B 0,1750 0,1875 D 0,2500 0,2550		
8.4	30	1 5 3 -	85	37,1	1,8 4	2	-	+	LS 1 1 - - -	10	81	B 0,1100 0,1200 D 0,1750 0,1625		
23.4	33	- 3 5 -	84	33,6	1,5 3	2	-	+	- - 1 - - -	18	82	B 0,2333 0,2175 D 0,2083 0,2250		
"	35	- - - 2	81	33,6	0,6 2	2	-	*	- 1 - - -	14	74	B 0,1417 0,1575 D 0,1300 0,1325		
24.4	37	- - 2 1	95	36,4	0,6 2	2	-	+	- - 1 - - -	15	75	B 0,1500 0,1550 D 0,1650 0,1675		
29.4	40	2 11 - 1	121	55,0	2,1 3	2	-	+	LS 1 1 1 - -	18	76	B 0,1500 0,1450 D 0,1875 0,1800		
"	43	- - - 2	90	39,0	0,6 2	2	-	+	- - 1 - - -	10	80	B 0,1650 0,1525 D 0,2250 0,2225		

Stalltabelle Gruppe B
(Nebenstallungen)

Tabelle VII
Seite 2

Datum der Untersuchung	Stall-Nr.	Viehzahl während der Messungen	Größe in m ³	Bodenfläche in m ²	Fenster in m ²	Zahl	Türen Zahl	Futterlöcher	Jauchegrube	Art der Lüftungseinrichtung zur Zeit der Messung	offen	Temp. in C	Luftfeuchtigkeit in %	CO ₂ Messung in %					
															IS	T	FE	FL	A
29.4	45	- 4	2	1	102	44,2	1,2	3	2	-	+	-	1	-	-	16	74	B 0,1875	0,1775
																		D 0,1875	0,1950
30.4	49	- -	6	2	101	40,3	1,8	4	2	-	+	-	-	2	-	18	84	B 0,2233	0,2175
																		D 0,3333	0,2925
2.5	50	- 3	5	1	77	32,0	1,2	3	2	-	+	-	1	-	-	20	91	B 0,2500	0,2500
																		D 0,3500	0,3600
4.5	53	- 6	-	-	96	38,4	1,3	3	3	-	+	-	3	-	-	14	77	B 0,0833	0,0825
																		D 0,1500	0,1325
"	55	- 6	-	-	72	30,0	1,3	3	2	-	+	-	1	-	-	15	73	B 0,1800	0,1775
																		D 0,2083	0,1925
6.5	58	- 5	-	1	125	48,0	1,7	3	3	-	+	-	1	1	-	12	75	B 0,1500	0,1225
																		D 0,1667	0,1625
"	60	- 2	2	1	88	33,6	1,4	3	2	-	-	-	-	-	-	14	85	B 0,2500	0,2800
																		D 0,3625	0,3975
9.5	62	- 3	-	1	70	29,2	0,9	3	2	-	+	-	1	1	-	14	68	B 0,1200	0,1050
																		D 0,1400	0,1450

In Tabelle VII sind die Ergebnisse der Untersuchungen in den Nebestallungen der Gruppe B zusammengestellt.

Nach der Tabelle VII fand ich in dieser letzten Reihe von 19 Stallungen insgesamt 9 Rinder, 77 Kälber und Jungrinder, 38 Schweine und 18 Pferde vor. Der Rauminhalt betrug durchschnittlich 95 cbm, 3,1 Fenster und 2,1 Türen je Stall. Auch das Verhältnis der Fenster zur Bodenfläche lag ähnlich wie bei den anderen Gruppen bei 1:27. Futterlöcher fehlten ganz. 16 Stallungen (= 84,2%) besaßen eine Jauchegrube. Nur 5mal (= 26,3%) konnte eine zusätzliche Lüftungsanlage und zwar 3mal Luftschächte und 1mal Deckenöffnung festgestellt werden, außerdem noch eine Heraklithhohldecke (unverputzt). Neben diesen Anlagen waren während der Messungen noch zur Lüftung eingesetzt bzw. geöffnet: 17mal Türen und 7mal Fenster. Die Durchschnittstemperatur lag hier mit 15,5° C niedriger als bei den anderen Untergruppen, während die relative Luftfeuchtigkeit mit 78% etwas höher als in den Hauptstallungen vermerkt wurde. Das letztere bestätigt nun auch meßtechnisch die im Untersuchungsgebiet seit Jahren gemachte Beobachtung.

Die mittleren Kohlensäurewerte ergaben nachstehendes Bild:

<u>Ort der Messung</u>	<u>mit Draeger-Gerät</u>	<u>nach Pettenkofer</u>
1 m über dem Boden	0,1714	0,1764
unter der Decke	0,2104	0,2126

3 Stallungen fielen dabei mit Deckenwerten von über 0,3% Kohlensäuregehalt auf und zwar besonders dadurch, daß diese jeweils um ca. 0,1% höher lagen als die Bodenwerte. Zugleich wiesen diese 3 Räumlichkeiten auch die höchste prozentuale Luftfeuchtigkeit dieser Gruppe auf.

Im Stall Nr. 49 waren nur 2 Oberlichte auf der Ostseite geöffnet.

In Stall Nr. 50 stand nur die Türe zur Futtertenne einen Spalt offen.

Stall Nr. 60 hatte nasse Wände, war mit Holzdecke und Holzboden ausgestattet und während der Messung verschlossen. Die verdeckte Abflußrinne führte zu einer Grube nach aussen. Die morsche Holzdecke reichte in ihrem Ventilationsvermögen so weit aus, daß die Bodenwerte noch unter 0,3% lagen. Im übrigen handelte es sich um den Nebestall des gleichen Gehöftes, dessen Verhältnisse im Rinderstall der Gruppe B Nr. 59 kurz beschrieben wurden.

Eine Gesamtübersicht über die Stall- insbesondere die Stallluftverhältnisse
läßt folgendes erkennen:

- 1.) Durch die Art der Hofanlage sind besonders die Hauptstallungen eingezwängt und haben damit größtenteils nur an ihren Schmalseiten, Süd und Nord, Verbindung zu Licht und Luft. Durch das querstehende Scheunengebäude wird die Nachmittagssonne, aber auch Westwind abgehalten. Die Ausweitungsmöglichkeiten sind für diese Stallungen beschränkt und Überbelegungen die Folge. Die geforderte Mindestgröße nach N u s s h a g (18) von 20-25 cbm Luftraum je GVE wird selten erreicht.
- 2.) Ebenso ist durch die Bauweise eine gute Ausleuchtung der langgestreckten einreihigen Hauptställe mit den an beiden Schmalseiten vorhandenen Fenstern selten möglich. Die Fensterfläche erreicht zudem selten das gewünschte Maß und bleibt mit einem Durchschnitt von 1:26 aller Gruppen unter den erstrebten Normen. D a h m e n (3), S i e b o l d und P r a h l (27) u.a. verlangen ein Fenster:Bodenfläche-Verhältnis von 1:15 bis 1:20.
- 3.) In der überwiegenden Mehrzahl aller Stallungen (90,7%) wurden ausgebaute Jauche- und Güllegruben mit einer mehr oder weniger guten Abdeckung direkt unter dem Standplatz der Tiere oder der Stallgasse vorgefunden. Der Einfluß dieses Grundübels auf das gesamte Stallklima ist eindeutig und von S ü p f l e und H o f f m a n n (25), L e h m e y e r (14), D e u t s c h (4) u.a. bestätigt worden.
- 4.) In 55 von 129 Stallungen wurden keine zusätzlichen Lüftungseinrichtungen, außer den sowieso vorhandenen Türen und Fenstern, vorgefunden. Die Leistung der festgestellten Luftschächte in der Mitte des Stalles entsprach bei der Länge mancher Stallungen des öfteren den Erwartungen nicht. Sie ließen tote Lüftungswinkel aufkommen, wenn die Frischluftzufuhr nur von einer Stirnseite des Stalles erfolgte. Horizontal verlaufende Wandlüftungen wurden nur vereinzelt in Verbindung mit anderen Anlagen festgestellt. Wie schon D a h m e n (3), T r a u b (29) u.a. betonten, besteht ihr Nachteil darin, daß das Einströmen kalter Aussenluft zur Schwitzwasserbildung an der Wand führt. Zufriedenstellende Ergebnisse hatten die unverputzten Heraklith-Hohldecken. Diese Anlagen kamen den Forderungen von S i e b o l d und P r a h l (23), Z o r n (32), O b e r (19) u.a. am nächsten, daß die zugeführte Frischluft vorgewärmt und siebartig über den Stall verteilt werden soll.
- 5.) Die Temperaturen in den einzelnen Stallungen zeigten vielfach für die Jahreszeit zu hohe Werte. Es wird heute allgemein niederen Temperaturen

in Verbindung mit genügend Frischluft der Vorzug gegeben.

- 6.) Bei meinen Untersuchungen konnte ich Luftfeuchtheitswerte von 62 - 81%, im Durchschnitt 76%, feststellen. Im gleichen Zeitraum ergaben die mittleren Aussenwerte einen Feuchtheitsgehalt von 65%. Somit sind die gefundenen Luftfeuchtheitswerte in den Stallungen als zufriedenstellend anzusehen.
- 7.) Von den 129 Messungen in 1 m Höhe über dem Stallboden liegen 59 Stallungen mit ihrem Kohlensäurewert über 0,2%; d.s. nicht weniger als 45,7% aller untersuchten Stallungen, die R o l l e 's (21) Forderung nicht erfüllen. Dazu muß erwähnt werden, daß durch das teilweise sehr schöne Frühjahrs Wetter mehr als sonst um diese Jahreszeit üblich Fenster und Türen der Stallungen geöffnet waren. Außerdem konnten die Befunde anderer Autoren in bezug auf höhere Kohlensäurewerte unter der Decke bestätigt werden und zwar in 83,6% der Fälle.

D. Ergebnisse der vergleichenden Kohlensäure-Messungen

Bei den Messungen mit dem Draeger'schen Gasspürgerät in der Gruppe A wurde so vorgegangen, daß die gerade noch ablesbaren Farbreaktionen an ihrer äußersten Frontgrenze bei so wenig wie nur unbedingt nötigen Hubvorgängen verwertet wurden. Das bedingte im allgemeinen bei den in den Ställen vorkommenden Kohlensäurewerten ein 1- bis höchstens 4maliges Ansaugen. Wurde z.B. bei einem Hub ein sehr unsicheres oder nicht ablesbares Ergebnis ermittelt und der daraufhin vorgenommene zweite Hub ergab die Möglichkeit der Ablesung, so wurde dieser Wert eingetragen und im allgemeinen höchstens noch ein drittes oder gar viertes Mal angesaugt, abgelesen und ebenfalls notiert. Die Gesamtzahl der vorgenommenen Meßvorgänge ist also abfallend von 1 - 4. War die Verfärbung zu undeutlich oder unsicher, so wurde ein weiteres Prüfröhrchen benützt, der Vorgang wiederholt und eine zweite Eintragung vorgenommen.

Am gleichen Standort wurden auch die Messungen nach der P e t t e n k o - f e r 'schen Methode vorgenommen und das Ergebnis neben den oder die mit Hilfe des Draeger'schen Gerätes ermittelten Werte eingetragen. Nach diesem Schema ist in 68 Stallungen vorgegangen worden.

Ich suchte mir dann die im einzelnen den Pettenkofer-Werten nächstliegenden

Draeger-Werte heraus und stellte fest, bei welcher Hubzahl dieser nächstliegende Wert gefunden wurde. In gleicher Weise sind auch die entferntesten Werte gesucht und notiert worden.

Insgesamt ergab sich daraus für die Gruppe A folgende Übersicht:

1.) Nächstliegende Werte

Zahl der Ansaugvorgänge:	1 x	2 x	3 x	4 x
ablesbare Werte	16	36	21	17

2.) Entfernteste Werte

a) ablesbare Werte	17	27	21	13
--------------------	----	----	----	----

Werden bei den entferntesten Werten nun aber noch die Ansaugvorgänge, die kein ablesbares Ergebnis brachten, zugezählt, so verändert sich das Bild folgendermaßen:

b) ablesbare Werte	17	27	21	13
nicht ablesbare Werte	37	12	3	1
insgesamt	54	39	24	14

Eine befriedigende Antwort auf die Frage der zweckmäßigsten Hubzahl für Kohlensäure-Messungen wurde vorerst also nicht gefunden, sondern lediglich ein Hinweis für weitere Versuche.

Die Tabelle 8 bringt die angegebenen Werte nochmals in graphischer Darstellung.

In der zweiten Versuchsreihe, Gruppe B, mit 61 Stallungen wurde die Farbreaktion des Prüfröhrchens nicht an der äußersten, gerade noch erkennbaren Grenze, sondern an der deutlichen Umschlagstelle der Farbzone abgelesen. Außerdem wurden die Werte nach 1, 2, 3, 4, 6 und 10 Ansaugvorgängen abgelesen und notiert. In jeder Stallung erfolgten 2 Messungen. Die Auswertung der Ergebnisse wurde wie bei Gruppe A vorgenommen und zeigte nachstehendes Bild:

Tabelle VIII

Gruppe A

a) --- Nächstliegende Werte
b) --- Entfernteste Werte

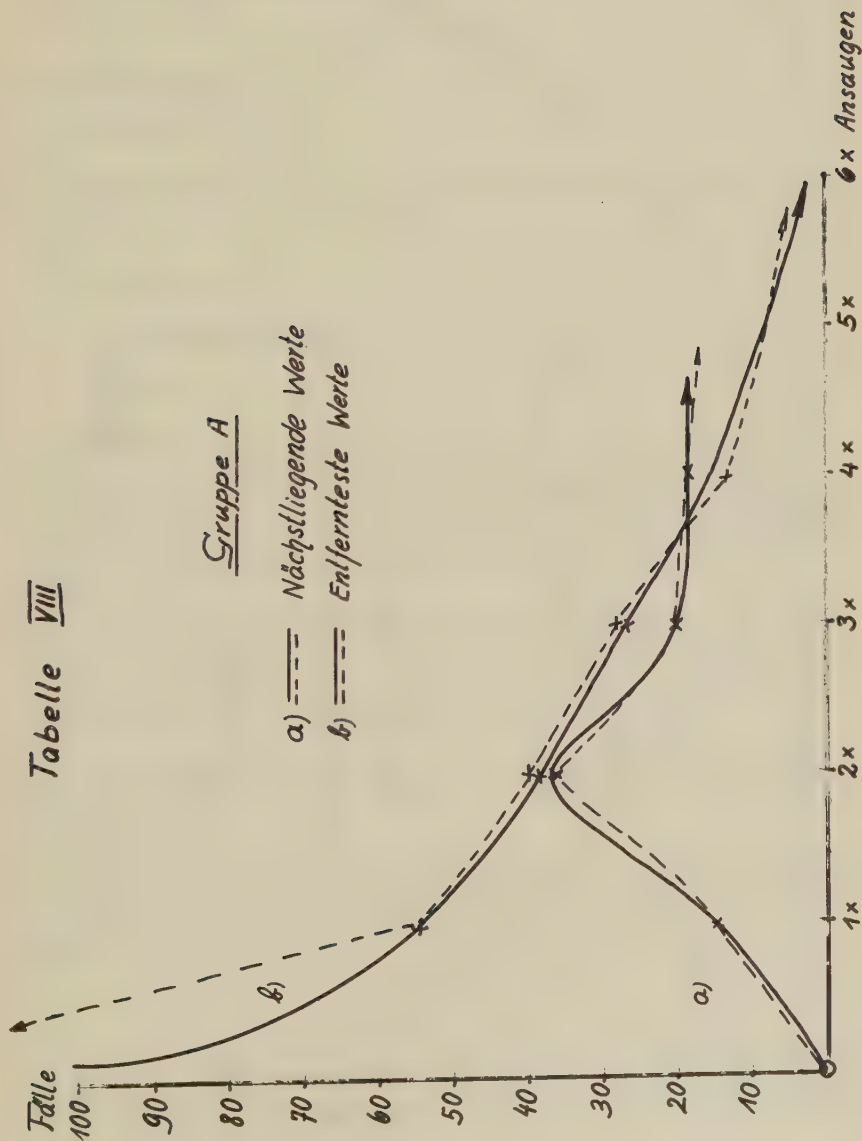
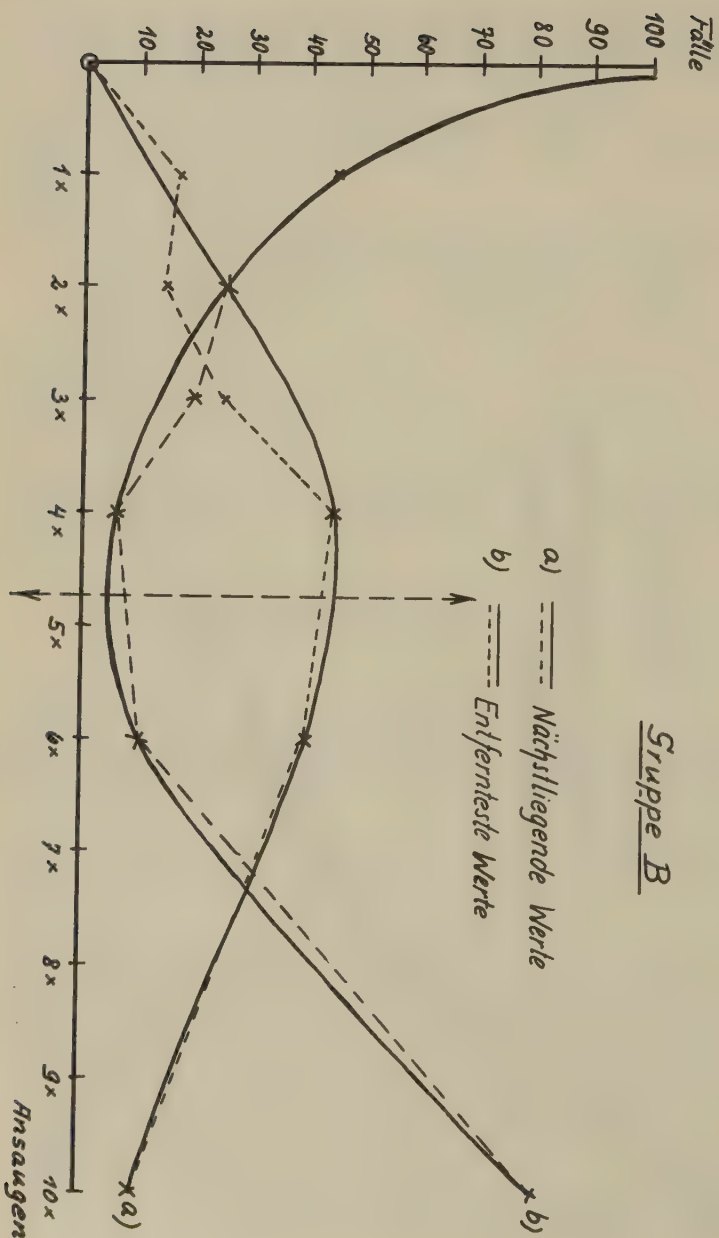


Tabelle IX

Gruppe B



1.) Nächstliegende Werte

<u>Zahl der Ansaugvorgänge</u>	<u>1x</u>	<u>2x</u>	<u>3x</u>	<u>4x</u>	<u>6x</u>	<u>10x</u>
ablesbare Werte	16	15	25	44	40	10

2.) Entfernteste Werte

a) ablesbare Werte	17	12	18	7	10	81
--------------------	----	----	----	---	----	----

Nach Berücksichtigung der nicht ablesbaren Ansaugvorgänge ergibt sich folgendes Bild:

b) ablesbare Werte	17	12	18	7	10	81
nicht ablesbare Werte	27	12	3	-	-	-
insgesamt	44	24	21	7	10	81

Der Vergleich der Übersichten 1 und 2a, besser noch 1 und 2b, bringt zum Ausdruck, daß 1. die Zahl der nächstliegenden Meßwerte bei 4-6 Hubvorgängen am größten ist und 2. die Zahl der entferntesten Meßwerte, also der größten jeweiligen Abweichung, bei 4-6 Hubvorgängen am niedrigsten. Die graphische Darstellung Nr. IX stellt dies ebenfalls eindrucksvoll dar.

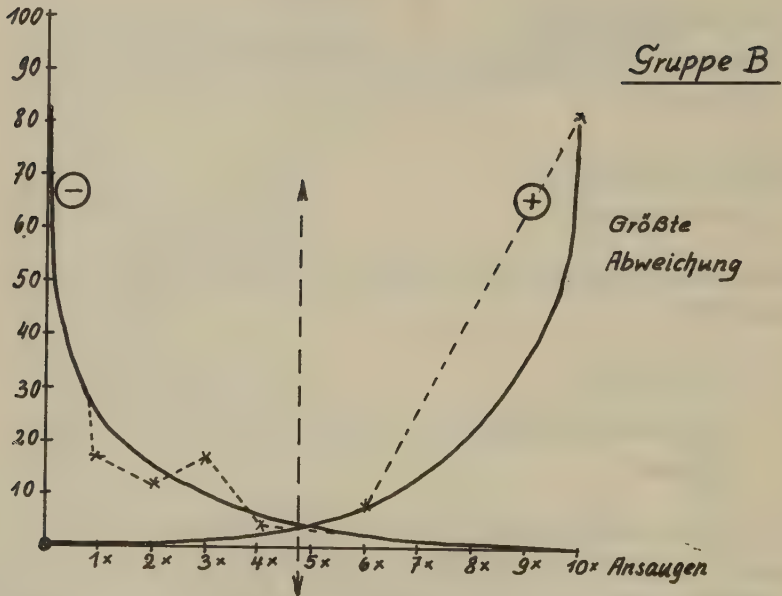
Werden in Gruppe B die Abweichungen der Meßwerte des Draegergerätes unterteilt in Werte, die über (+), und in solche, die unter (-) den Meßwerten der Pettenkofferschen Methode liegen, so ergibt sich in bezug auf ihre Häufigkeit und damit die günstigste Hubzahl folgendes Bild:

Bei der Darstellung Nr. X entsteht ein Schnittpunkt der Kurven, der die Zahl der Hubvorgänge mit der geringsten Fehlermöglichkeit bei 4,8 Ansaugvorgängen anzeigt.

Auf Darstellung Nr. XI (geringste Abweichungen) erreichen beide Kurven ihre Spitze auf der gleichen Höhe der Abszisse und zwar ebenfalls bei 4,8 Ansaugvorgängen.

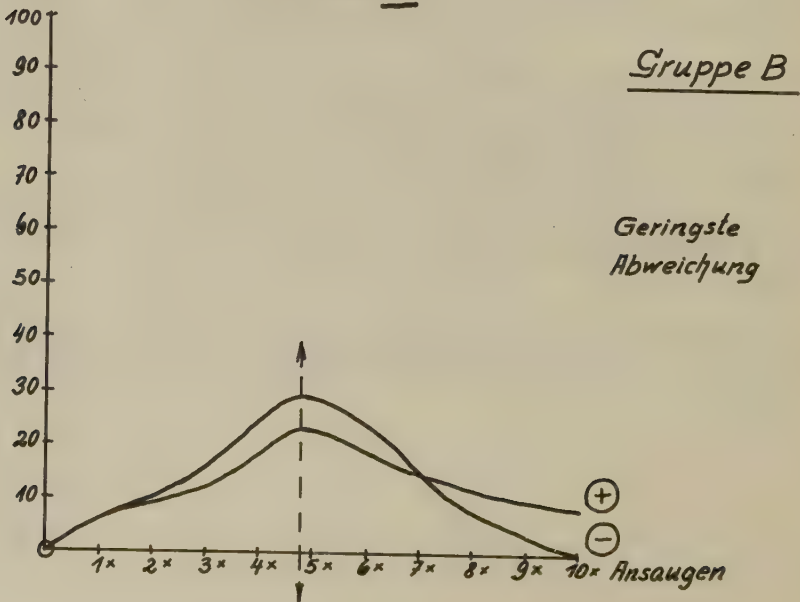
Fälle

Tabelle X



Fälle

Tabelle XI



E. Schlußfolgerungen über die vergleichenden Kohlensäure-Messungen

Dem vorstehenden Teil der Abhandlung über die vergleichenden Kohlensäure-Messungen möchte ich noch folgende Bemerkungen anschließen:

Das eingesetzte Draeger'sche Gasspürgerät Modell Nr. 19/31 hat bei allen vorgenommenen Messungen in Stallungen technisch gesehen ohne Anstände gearbeitet. Sein Vorsprung gegenüber der Pettenkofer'schen Flaschenmethode liegt vor allem in der Einfachheit der Handhabung und in der sofortigen Ablesung der Meßergebnisse an Ort und Stelle.

Was die verwendeten CO_2 -Prüfröhrchen "0,5%" betrifft, so erfordert ihre Ablesung bei Messungen unter 0,5% eine gewisse Übung und Erfahrung, zumal die Verfärbung bei diesen Werten des öfteren etwas schwach ist. Ich möchte hier auf einzelne Punkte hinweisen, die ich teilweise als störend bei der Verwendung in Stallungen mit CO_2 -Konzentrationen unter 0,5% empfunden habe:

- 1.) Wie schon V o i t (30) fand auch ich die Skaleneinteilung in ihrem unteren Meßbereich als etwas zu grob. Es wäre sogar zu überlegen, für Reihenuntersuchungen in Stallungen, gewerblichen Räumen, usw. ein Röhrchen mit einem Meßbereich von etwa 0,1 bis 1,0% zu schaffen. Da der Kohlensäuregehalt der Luft als Maßstab für verbrauchte Luft überhaupt angesehen werden kann, wäre damit für die gesamte Hygiene eine wertvolle und einfache Untersuchungsmöglichkeit geschaffen. Auf jeden Fall ist eine weitere Untergliederung des Meßbereiches unter 0,5% wünschenswert.
- 2.) Bei ungünstigen Lichtverhältnissen können beim Ablesen Spiegelungen das Feststellen der Frontzone erschweren, insbesondere in der Nähe der blauen Graduierungsstriche. Die Skala in einer Farbe zu halten, die zur lila-Verfärbung des Prüfröhrchens besser absticht, könnte hier vielleicht Abhilfe schaffen.
- 3.) Manchmal ergab eine etwas verschieden starke Kornfärbung der Reagentien in der vorderen Farbzone keine klare Grenze, eine Beobachtung, die bei höheren Werten bedeutungslos sein mag, bei Konzentrationen unter 0,5% aber doch vereinzelt Schwierigkeiten in der genauen Ablesung machte.
- 4.) Gewisse Fehlerquellen sind bei keiner Methode auszuschließen. Die gemachten Erfahrungen mit der jetzigen Skaleneinteilung des Prüfröhrchens haben aber gezeigt, daß die Fehlermöglichkeiten bei dem Draeger'schen Gasspürgerät trotz seiner einfachen Handhabung nicht größer sind, als bei anderen Meßmethoden. Das Gerät mißt besonders in höheren Konzentrationen genau.

IV. Zusammenfassung

- 1.) In den Landkreisen Marktoberdorf und Füssen im bayerischen Allgäu sind die stallhygienischen Verhältnisse in 129 Stallungen untersucht und vergleichende Kohlensäure-Messungen vorgenommen worden.
- 2.) Eine Beschreibung des Untersuchungsgebietes, seiner klimatischen Verhältnisse, seiner landwirtschaftlichen Struktur und seiner gebräuchlichsten Hofanlage wurde gegeben.
- 3.) In zwei Gruppen wurde neben den Raum-, Licht-, Temperatur- und Lüftungsverhältnissen auch dem Vorhandensein von Güllegruben nachgegangen. Es konnte festgestellt werden, daß ein Teil der den Ställen anhaftenden Fehler auf die Art der Hofanlage zurückzuführen ist.
- 4.) In der ersten Gruppe (A) mit 68 Stallungen wurde der Kohlensäuregehalt in 1 m Höhe über dem Boden sowohl mit der Pettenkofer'schen Flaschenmethode als auch mit dem Gasspürgerät Modell Nr. 19/31 und den dazugehörigen Kohlendioxid-Prüfröhrchen "0,5%" der Draeger Werke Lübeck gemessen. Dabei ist so vorgegangen worden, daß die Farb-reaktion an ihrer äußersten, gerade noch erkennbaren Grenze bei so wenig wie möglichen Hubvorgängen abgelesen wurde.
- 5.) In der zweiten Gruppe (B) mit 61 Stallungen ist zusätzlich noch die Luftfeuchtigkeit geprüft und die beiden Kohlensäure-Messungen außer in 1 m Höhe auch knapp unter der Decke ausgeführt worden. Dabei wurde die Farb-reaktion des Prüfröhrchens erst an der deutlichen Umschlagstelle und nach 1, 2, 3, 4, 6 und 10 Ansaugvorgängen abgelesen.
Die Messungen unter der Stalldecke haben in 83,6% einen höheren Kohlensäure-Gehalt ergeben als diejenigen 1 m über dem Boden.
- 6.) Es konnte festgestellt werden, daß die in der ersten Gruppe geübte Handhabung des Gasspürgerätes eine verschiedengradige Abweichung von den Resultaten der Pettenkofer'schen Methode lieferte. Die in der zweiten Gruppe angewandte Methode führte jedoch zu dem Ergebnis, daß ein 5-maliges Ansaugen bei Kohlensäure-Messungen in Ställen die zutreffendsten Werte zeitigt.
- 7.) Die gefundenen mittleren Fehlerbreiten sind in erträglichen Grenzen und dürften nicht größer sein als die Fehler anderer Meßmethoden.

- 8.) Die vergleichenden Untersuchungen haben gezeigt, daß das Draegersche Gasspürgerät, das allerdings in der Ablesung eine gewisse Übung und Erfahrung erfordert, ein brauchbares Gerät für Kohlensäure-Messungen in Stallungen darstellt. Es wäre jedoch zu begrüßen, wenn die Skaleneinteilung der Prüfröhrchen einen Meßbereich von 0,1 - 1,0% ermöglichen würde und ihre Farbe zu Gunsten einer deutlicheren Reaktionsablesung geändert werden könnte.

V. Schrifttumsverzeichnis

- 1.) Brooks, H.J.: Der Einfluß der Umgebungstemperatur auf den prozentischen Fettgehalt der Kuhmilch. Zchtgskd. 1, H. 9 (1926)
- 2.) Cords - Parchim: Der gesunde Stall. Wärme, Schutz und Belüftung der Viehställe. Verlag des Druckhauses Tempelhof Berlin, 1947
- 3.) Dahmen: Lehrbuch der Veterinärhygiene. Verlag P. Parey, Berlin, 1941
- 4.) Deutsch, E.: Untersuchungen über den Einfluß der Bauart der Stallungen und der Führung des Stallbetriebes auf die Beschaffenheit der Stallluft. Vet. med. Diss. Berlin 1928
- 5.) Dice, J.R.: Der Einfluß der Stalltemperatur auf die Leistung und den Futterbedarf bei Milchkühen. Zchtgkd. 15, H. 10 (1940)
- 6.) Dinkhauser, F.: Der zweckmäßige Rindviehstall. Herausgeg. v.d. Dtsch. Ges.f. Zchtgkd. Berlin 1939
- 7.) Dräger, H.B.: Prospekt 19/G 5/G zum Gasspürgerät Modell 19/31 mit Balgpumpe Modell 31, 3. Ausgabe, Dezember 1955
- 8.) Färber, A.: Viehhaltung und Stallverhältnisse im Bayerischen Wald. Vet.Med. Diss. München 1951
- 9.) Frank, G.: Untersuchungen der Stallluft und der Lüftungseinrichtung in Stallungen des Landkreises Kulmbach. Vet. med. Diss. München 1951
- 10.) Flügge, C.: Grundriß der Hygiene. Verl. Jul. Springer, Berlin 1940
- 11.) Fuhrmann, K.: Beitrag zur Bestimmung des Stallklimas. Vet. med. Diss. Zürich 1944

- 12.) J e n t s c h : Stallbauten in Tierheilkunde und Tierzucht. Stang u. Wirth IX, 521-546.
- 13.) K l i m m e r , M.: Gesundheitspflege der landwirtschaftlichen Nutztiere. Berlin 1924 P. Parey-Verl. Berlin.
- 14.) L e h m e y e r , B.: Untersuchungen über den CO₂- und Wasserdampf-Gehalt der Stallluft. Vet. med. Diss. München 1927
- 15.) M ä r k e r : Versuch über die Porosität einiger Baumaterialien, sowie über die künstlichen und natürlichen Luftwechsel in den Stallgebäuden. Journ.f. Landw. 18, (1870)
- 16.) M e i s s n e r , A.: Der Einfluß der Ventilation auf die Stallluft. Zchtgskd. 6, H. 5. (1931)
- 17.) M ü n s t e r e r , F.: Untersuchungen über Lüftungsverhältnisse in Rinder- und Schweinestallungen. Vet. med. Diss. München 1953
- 18.) N u s s h a g , W.: Hygiene der Haustiere. 2. Aufl. S. Hirzel-Verlag, Leipzig 1957
- 19.) O b e r , J.: Gesundes Stallklima. Bayer. Landw. Verl. Bonn-München-Wien 1957
- 20.) P e t t e n k o f e r , M.: Fragen über die Ventilation zit. n. Dahmen
- 21.) R o l l e , M.: Veterinärhygiene, vervielfält. Manuskript, München 1949
- 22.) R o o t s - H a u p t - H a r t w i g k : Veterinärhygiene. Verl. Parey, Berlin-Hamburg 1955
- 23.) S i e b o l d u. P r a h l : Stallbau im Bauernbetrieb. Verl. P. Parey, Berlin 1939
- 24.) S t i e t e n r o t h : Hygienische und wärmewirtschaftliche Forderungen beim Stallbau und Stallbetrieb. Landw. Jahrbuch 79 (1934)

- 25.) S ü p f l e u. H o f f m a n n, P.: Hygienische Untersuchungen über die Beschaffenheit der Luft in Güllestallungen des Allgäus und der Schweiz.
Südd. landw. Tierz. 51 (1928)
- 26.) desgl. Untersuchungsmethodik und hygienische Beurteilung der Stallluft. Zschr.f. Tierz. u. Zücht. Biol. 13 (1929)
- 27.) S y b e l u. O b e r, J.: Die Klimatisierung der Viehställe.
Zchtgskd. 19, H. 5/8 (1944)
- 28.) S c h u l t z e, H. u. M ä r k e r, M.: Über den CO₂-Gehalt der Stallluft und den Luftwechsel in Stallungen.
Journ. f. Landw. 17 (1869)
- 29.) T r a u b, E.: Hygienische Untersuchungen in Tierställen unter besonderer Berücksichtigung der Stallluft.
Z.f. Infekkrht. 44-45 (1933-34)
- 30.) V o i t, K.: Vergleichende Kohlensäure- und Luftfeuchtigkeitsmessungen in Rinderstallungen des Kreises Miesbach. Vet. med. Diss. München 1957
- 31.) W e i s s, F.: Stallhygienische Verhältnisse während des Sommers in Betrieben ohne Weidegang. Untersuchungen im Bez. Fürstenfeldbruck.
Vet. med. Diss. München 1953
- 32.) Z o r n, W.: Stallverbesserung und Stallneubau.
Verl. Eug. Ulmer, Stuttgart, 1953
- 33.) Z w i c k y, H.: Zusammenhänge zwischen Stall und Krankheit.
Schweiz. Landw. Monhft. 12, Hef. 3 (1935).

Am Schlusse meiner Arbeit fühle ich mich verpflichtet, Herrn Professor Dr. M e y n, Vorstand des Tierhygiene-Institutes der Ludwig-Maximilians-Universität München, für die Überlassung des Themas verbindlichst zu danken.

Außerdem spreche ich Herrn Priv. Doz. Dr. K a l i c h am Tierhygiene-Institut für die Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit meinen herzlichsten Dank aus.

Lebenslauf

Ich, Josef R i e t z l e r, wurde am 4.7.1917 als Sohn des Landwirtes Peter Rietzler und seiner Ehefrau Kreszentia, geb. O r t l i e b, in Felben, Landkreis Füssen, geboren. Ich besuchte die Volksschule in Seeg und legte am human. Gymnasium in Dillingen 1937 die Reifeprüfung ab. Nach Ableistung des Arbeitsdienstes und eines Teiles der Wehrpflicht begann ich 1938 das Studium der Veterinärmedizin in München, setzte es in Wien und Leipzig fort und legte dort im April 1942 die tierärztliche Staatsprüfung ab.

Anschließend wurde ich abermals zur Wehrmacht einberufen. Nach Entlassung aus der Gefangenschaft im Jahre 1946 eröffnete ich in Lengenwang/Krs. Marktoberdorf eine tierärztliche Praxis, die ich bis Mai 1957 inne hatte. Seitdem bin ich als Veterinärassessor bei der Regierung von Schwaben in Augsburg tätig.

Vorliegende Arbeit habe ich im Februar 1957 am Tierhygienischen Institut der Universität München begonnen und jetzt zu Ende geführt.

